GREGG M. SINCLAIR LIBRARY
UNIVERSITY OF HAWAII

EXPERIENTIA

MONATSSCHRIFT FÜR DAS GESAMTE GEBIET DER NATURWISSENSCHAFT
REVUE MENSUELLE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES
RIVISTA MENSILE DI SCIENZE PURE E APPLICATE
MONTHLY JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCE

Herausgeber:
A. v. MURALT · L. RUZICKA · J. WEIGLE
Bern Zürich Genève
Redaktion: P.-D. Dr. H. Mislin, Basel

VERLAG BIRKHÄUSER AG., BASEL 10 – SCHWEIZ – SUISSE – SVIZZERA – SWITZERLAND
Telephon: Basel Nr. 4 98 00 – Telegr.-Adr.: Edita Basel

Vol. I - Nr. 9 | 15. Dezember 1945 | Fr. 3.—

50 Jahre Röntgenstrahlen - 50 Years of X-Rays
50 ans de rayons X - 50 anni di raggi X

INHALT - SOMMAIRE - SOMMARIO - CONTENTS

P. Niggli und E. Brandenberger: Röntgenstrahlen und Aufbau der Materie . . . 283
H. B. G. Casimir and W. J. Oosterkamp: The Limits and Achievements of Modern X-Ray Tube Constructions . . . 289
A. Lacassagne: Quelques exemples de l'utilisation des rayons de Rœntgen pour des recherches biologiques ultramicroscopiques 296
W. Minder und A. Liechti: Über den gegenwärtigen Stand des Hauptproblems der Strahlenbiologie . . . 298
F. Dessauer: Erinnerungen aus der Entwicklung der Röntgentechnik . . . 307
E. A. Zimmer: 50 ans de radiologie médicale . . . 316

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires - Comunicazioni provvisorie - Preliminary reports

H. Süllmann: Über die Oxydation ungesättigter Fettsäuren durch Pflanzensäfte . . . 323
A. Grumbach und F. Kradolfer: Die Form der Pneumokokkenpneumonie – eine Funktion des Hyaluronidasegehaltes der Pneumokokken . . . 324
H. Pallmann und H. Deuel: Über die Wasserdurchlässigkeit von Hydrogelen . . . 325
H. Schoch-Bodmer und P. Huber: Das Spitzenwachstum der Fasern bei *Linum perenne* L. . . . 327
Th. Niethammer und J. O. Fleckenstein: Steigerung der Genauigkeit bei astronomischen Durchgangsbeobachtungen . 328
K. Wuhrmann und W. Pilnik: Über Optik und Feinbau des Pektins und seiner Derivate . . . 330
Ch. Wunderly: Die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrozyten als Meßvorgang für die Bewertung der Molekülgröße von Nukleinsäuren . . . 332
W. H. Schopfer et M. Guilloud: Sulfamidés et flavinogenèse chez *Eremothecium Ashbyii* . . . 333
A. Boivin, A. Delaunay, R. Vendrely et Y. Lehoult: L'acide thymonucléique polymérisé, principe paraissant susceptible de déterminer la spécificité sérologique et l'équipement enzymatique des bactéries. Signification pour la biochimie de l'hérédité . . . 334
A. Monroy: Di alcuni fenomeni corticali che accompagnano la fecondazione e le prime divisioni dell'uovo di riccio di mare . . . 335
H. Mooser: Einschlußkörper und Entwicklungsstadien bei Rickettsien? . . . 336
R. Jeanloz, D. A. Prins und T. Reichstein: Eine neue Methode zur Darstellung von Desoxyzuckern . . . 336

Bücherbesprechungen - Compte rendu des publications - Resoconti delle pubblicazioni - Reviews

Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Andreas Speiser (Orell-Füßli-Verlag, Zürich), 1945 (Ref. J. O. Fleckenstein und E. Schubarth) . . . 337
Cytology and Cell Physiology. By Geoffrey Bourne (Oxford, Clarendon Press), 1945 (Ref. Ch. Wunderly) . . . 339
X-ray crystallography. By M. J. Buerger (London, Chapman & Hall, Ltd.), 1942 (Ref. W. Nowacki) . . . 339
The photography of the reciprocal lattice. By M. J. Buerger (Murray Printing Comp., Cambridge), 1944 (Ref. W. Nowacki) 339
The Biochemistry of Malignant Tumors. By K. Stern and R. Willheim (Reference Press, Brooklyn, USA.), 1943 (Ref. Ch. Wunderly) . . . 340
Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und dem schweizerischen Mittelland. Von Otto Jaag (Kommissionsverlag Buchdruckerei Büchler & Co., Bern), 1945 (Ref. W. Vischer) . 340
Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes. Von R. Fueter (Verlag Birkhäuser, Basel), 1945 (Ref. P. Buchner) 341

Informationen - Informations - Informazioni - Notes

Experientia vor (50) Jahren – Nobelpreise 1945 – Atomenergie – Le Palais de la Découverte – Schweizer Ärzte als Forscher, Entdecker und Erfinder . . . 342/346

Die «Experientia» stellt sich die Aufgabe:

1. durch *zusammenfassende Originalartikel* in einer der wissenschaftlichen Hauptsprachen von Autoren aus verschiedenen Ländern über Forschungsergebnisse berichten zu lassen, die im Vordergrund des Interesses stehen;

2. kurze *vorläufige Mitteilungen* aufzunehmen;

3. durch Besprechung neuerschienener *Bücher*, durch Referate über *Kongresse* und *Versammlungen* sowie durch andere Mitteilungen über die bedeutendsten Ereignisse des naturwissenschaftlichen Lebens zu informieren.

«Experientia» si propone di pubblicare:

1. *articoli originali riassuntivi*, in una delle principali lingue usate dalla scienza, ad opera di autori di diversi paesi, su risultati scientifici di grande interesse;

2. *brevi relazioni;*

3. *recensioni di nuovi libri, relazioni di congressi e riunioni,* come pure altre comunicazioni su importanti avvenimenti nel campo delle scienze naturali.

«Experientia»

1. publiera des *articles originaux* écrits dans une des langues principales sur les recherches scientifiques récentes;

2. publiera de *brèves communications;*

3. informera ses lecteurs des événements marquants de la vie scientifique, donnera des *comptes rendus concernant les récentes publications, les congrès et les assemblées.*

The aim of «Experientia» is:

1. to publish comprehensive articles embodying the results of recent scientific research. These will be written in one of the principal scientific languages and contributed by authors in various contries;

2. to publish *brief reports;*

3. to give information about the most important events in natural science by means of *reviews of the latest books, reports on congresses and meetings,* as well as through other communications.

EXPER.

Die «Experientia» erscheint am 15. jedes Monats und kann im In- und Auslande durch jede Buchhandlung oder direkt beim unterzeichneten Verlag bezogen werden. Der Preis einer Einzelnummer beträgt Fr. 2.—. Bei direkter Zustellung durch den Verlag kostet das Jahresabonnement Fr. 20.—. Beim Versand ins Ausland erfolgt Zuschlag der Portokosten. Preise in Schweizerwährung.

Alle Zuschriften an die Redaktion der «Experientia» sind ausschließlich an den unterzeichneten Verlag zu richten.

Redaktionsschluß 25 Tage vor Erscheinungstermin, d. h. am 20. des Monats für den folgenden Monat.

Die Autoren erhalten für ihre Beiträge ein Honorar und auf Wunsch 100 Gratisseparatabzüge im Format 14,5 × 21 cm ohne Umschlag. Die Kosten für weitere Sonderdrucke und für Umschläge sind beim Verlag zu erfragen. Separatabzüge sind *vor* dem Druck der Zeitschrift zu bestellen.

Preise für Inlandanzeigen: 1/1 Seite Fr. 200.—, 1/2 Seite Fr. 120.—, 1/4 Seite Fr. 70.—; für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. Inseratenannahme: *Senger-Annoncen*, Zürich 2, Gotthardstraße 61, Tel. 25 22 02; Basel: Tel. 3 74 92.

Die «Experientia» wird in der Schweiz gedruckt.

Verlag Birkhäuser AG., Basel 10 (Schweiz), Elisabethenstraße 15, Tel. 4 98 00; Telegrammadresse: Edita Basel

---

L'«Experientia» paraît le 15 de chaque mois. Vente et abonnement dans toutes les librairies suisses et étrangères, ou directement chez l'éditeur. Prix du numéro fr. 2.—. Abonnement pour un an, chez l'éditeur, fr. 20.—; pour l'étranger port en sus. Ces prix s'entendent en francs suisses.

Adresser toute correspondance touchant la rédaction de l'«Experientia» exclusivement à l'éditeur soussigné.

Dernier délai d'admission pour les manuscrits: 25 jours avant la parution, c'est-à-dire le 20 du mois pour le numéro du mois suivant.

Il sera versé des honoraires aux auteurs pour leurs communications, et ils recevront gratuitement, s'ils le désirent, 100 tirés à part de format 14,5 sur 21 cm., sans couverture. Pour le prix d'un nombre plus grand et pour la couverture, s'adresser à l'éditeur. Les tirages à part doivent être commandés *avant* l'impression du périodique.

Prix pour les annonces, en Suisse: 1/1 page fr. 200.—, 1/2 page fr. 120.—, 1/4 page fr. 70.—. Placements spéciaux: prix sur demande. Annonces: *Senger-Annoncen*, Zurich 2, Gotthardstraße 61, tél. 25 22 02; Bâle: tél. 3 74 92.

L'«Experientia» est imprimée en Suisse.

Editions Birkhæuser S.A., Bâle 10 (Suisse), Elisabethenstraße 15, tél. 4 98 00; adresse télégraphique: Edita Bâle.

«Experientia» esce al 15 di ogni mese e può esser richiesta a ogni libreria svizzera o estera, o anche direttamente alla Casa editrice. Il prezzo del singolo fascicolo è di fr. 2.—. L'abbonamento annuo, fatto presso la casa editrice, è di fr. 20.—. Per la spedizione all'estero vanno aggiunte le spese postali. I prezzi vanno intesi in valuta svizzera. Tutti gli invii alla redazione di «Experientia» vanno indirizzati esclusivamente alla sottoindicata Casa editrice.

La redazione di ogni fascicolo si chiude 25 giorni prima del termine di pubblicazione, cioè al 20 del mese, per il mese seguente.

Gli autori ricevono per i loro contributi un onorario e, su desiderio, 100 estratti del formato 14,5 × 21 cm., senza copertina. Il prezzo degli estratti in più e della copertina viene indicato, su richiesta, dalla casa editrice. Gli estratti vanno ordinati prima della stampa della Rivista.

Prezzi per annunci in Svizzera: 1/1 pag. fr. 200.—, 1/2 pag. fr. 120.—, 1/4 pag. fr. 70.—; per pagine speciali, accordi da stabilire. Gli annunci sono da inviare a *Senger-Annoncen*, Zurigo 2, Gotthardstraße 61, tel. 25 22 02; Basilea: tel. 3 74 92.

«Experientia» si stampa in Isvizzera.

Casa editrice Birkhæuser S.A., Basilea 10 (Svizzera), Elisabethenstraße 15, tel. 4 98 00; Indirizzo telegrammi: Edita Basilea.

«Experientia» is published on the 15th of every month, and can be obtained in any country through the booksellers or from the publishers. The price per number is frs. 2.—, by annual subscription from the publishers by inland-mail frs. 20.—. For dispatch to foreign countries an additional postage-charge is made. Prices in Swiss currency.

All communications to the editors should be addressed to the publishers. All manuscripts for publication in a given number must be in the hands of the publishers on the 20th of the preceding month.

The authors receive for their contributions a fee and, on request, 100 reprints 14,5 × 21 cm without cover free of charge.

For the prices of additional reprints and covers, inquiries should be addressed to the publishers. Reprints must be ordered before the number is printed.

Prices for inland-advertising: 1/1 page frs. 200.—, 1/2 page frs. 120.—, 1/4 page frs. 70.—. Advertisements should be sent to *Senger-Annoncen*, Zurich 2, Gotthardstraße 61, phone 25 22 02; Basle: phone 3 74 92.

Published by Birkhäuser Ltd., Basle 10 (Switzerland), Elisabethenstraße 15, Phone 4 98 00; Telegrams: Edita Basle.

Printed in Switzerland / E. Birkhäuser & Cie., Basel

Neuerscheinung

GRUNDLAGEN DER STEREOCHEMIE

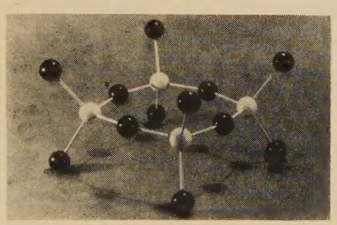
VON

PAUL NIGGLI

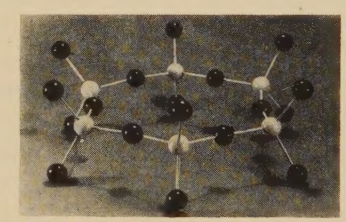
Professor an der Eidg. Technischen Hochschule und der Universität Zürich

Der Verfasser gibt in diesem Werke erstmals nach einheitlichen Gesichtspunkten für die Stereochemie als Lehre von den Atomverbänden eine Darstellung der mathematischen Grundlagen, umfassend sowohl molekulare wie kristalline Verbindungen. Durch eine neue Typisierung der Formeln und Bindungsarten wird der Überblick und der Übergang vom mehr geometrischen zum chemischen Teil der Lehre erleichtert. Es werden Fragen der Polymorphie (eingeschlossen Isomerie und Polymerie der Moleküle), der Resonanzphänomene, der Beziehungen zwischen Bindungszahlen, Koordinationszahlen und Raumbeanspruchungsgröße der Teilchen, des Überganges von molekularen zu kristallinen Verbänden, solche der hochpolymeren Stoffe und pseudokristallinen amorphen Festkörper behandelt.

1. Kapitel: Die Symmetrieverhältnisse der Punktkonfigurationen
2. Kapitel: Die Verbandsverhältnisse innerhalb der Punktkonfigurationen
3. Kapitel: Die Verbindungsfähigkeit der Atome
4. Kapitel: Die Stereochemie als Lehre von den Atomverbänden



a



b

Fig. 122

Modelle von Molekülen oder Radikalen mit tetraedrischem Koordinationsschema. Weiße Kugeln = *A*, zum Beispiel = Si. Schwarze Kugeln = *B*, zum Beispiel = O. Modelle für a = $\left[\mathrm{SiO}_{\left(\frac{2}{2}+\frac{2}{1}\right)}\right]_3$ und b = $\left[\mathrm{SiO}_{\left(\frac{2}{2}+\frac{2}{1}\right)}\right]_6$.

283 Seiten mit 207 Abbildungen

In Ganzleinen gebunden Fr. 32.50, broschiert Fr. 28.50

Durch jede Buchhandlung zu beziehen

Demnächst erscheint ebenfalls aus dem Gebiete der Chemie:

Röntgenographisch-analytische Chemie von Prof. Dr. E. Brandenberger

---

VERLAG BIRKHÄUSER BASEL

Voranzeige

Ab 1. Januar 1946 erscheint in unserem Verlag die neue Zweimonatsschrift

ELEMENTE DER MATHEMATIK

Revue de mathématiques élémentaires
Rivista di matematica elementare
Zeitschrift zur Pflege der Mathemathik und zur Förderung des mathematisch-physikalischen Unterrichts

Organ für den Verein Schweizerischer Mathematiklehrer

Die Zeitschrift hat in ihrem Arbeitsbereich Abhandlungen aus allen Gebieten der reinen und angewandten Mathematik, der mathematischen Physik und der Geschichte der Mathematik aufgenommen, die für ein breiteres Publikum von allgemeinem Interesse sind. Sie versucht, durch Forschungsberichte und Literaturübersichten die Verbindung zwischen der Schulmathematik und der wissenschaftlichen Forschung aufrecht zu erhalten. Die zahlreichen Aufgaben, für die eine besondere Rubrik reserviert wurde, sollen dem Lehrer mannigfache Hinweise für den Unterricht geben.

Abonnementspreis für jährlich 6 Hefte im Umfang von je 24 Seiten Fr. 6.– (Ausland Fr. 9.–)
Einzelnummer Fr. 1.50

Abonnementsbestellungen durch jede Buchhandlung oder beim

VERLAG BIRKHÄUSER BASEL

HELVETICA PHYSICA ACTA

Jährlich 6 bis 8 Hefte

Abonnementspreis:
Schweiz Fr. 28.–, Ausland Fr. 34.–

Die Helvetica physica acta sind das offizielle Organ der Schweiz. Physikalischen Gesellschaft. Sie enthalten weitaus den größten Teil aller in der Schweiz oder von Schweizern im Ausland veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten aus allen Gebieten der Physik, sowohl experimentelle als auch theoretische Untersuchungen. Die Arbeiten erscheinen in den schweizerischen Landessprachen. – Für Mitglieder der Schweiz. Physikalischen Gesellschaft ist der Abonnementspreis in der Schweiz Fr. 18.50, im Ausland Fr. 24.–

VERLAG BIRKHÄUSER AG

BASEL

Neuerscheinung:

EDUARD THOMMEN

TASCHENATLAS DER SCHWEIZER FLORA

Mit Berücksichtigung der ausländischen Nachbarschaft
Über 3000 Schwarzweißfiguren mit Angabe der Blütenfarbe

Dieser neue Taschenatlas, ein handliches Bändchen in bequemstem Format, wird allen denen ein wertvolles Hilfsmittel sein, die sich von Berufs wegen, im Schulbetrieb oder aus Liebhaberei mit der reichen Flora der Schweiz und ihrer Nachbargebiete befassen. Er bildet die illustrative Ergänzung zu den im Gebrauch befindlichen Bestimmungsbüchern, deren Benutzung er erheblich erleichtert. Durch Vereinfachung der Darstellung, die mit bescheidenem Aufwand auskommt und dennoch klar bleibt, ist es dem Verfasser gelungen, auf 240 Seiten mehr als 3000 Arten und Formen unterzubringen, ein Anschauungsmaterial, wie es in dieser Vollständigkeit auf so knappem Raum noch nirgends zusammengetragen worden ist. Angaben über die Blütenfarbe ermöglichen es dem Benützer, die Schwarzweißfiguren gegebenenfalls selber zu kolorieren.

XVI + 294 Seiten. Format 18,7 × 11,5 cm. Gewicht 300 g. Schmiegsam in Ganzleinen gebunden, Fr. 12.50.
Zu beziehen durch die Buchhandlungen.

VERLAG BIRKHÄUSER BASEL

EXPERIENTIA

Vol. I - Nr. 9 Pag. 283–346 15. Dezember 1945

Röntgenstrahlen und Aufbau der Materie

Von P. NIGGLI und E. BRANDENBERGER, Zürich

I. *Die Erforschung der Kristallstrukturen mittels der Röntgeninterferenzen*

Vom allgemeinen Standpunkte der Naturwissenschaften aus darf die Bereicherung der Kenntnisse über die Struktur der Materie mit Hilfe der Röntgenstrahlinterferenzen als ein Hauptergebnis der Röntgenstrahlenphysik gewertet werden. Schon 1896, kurz nach der Entdeckung dieser Energieart durch W. C. RÖNTGEN, haben E. WIECHERT und G. STOKES vermutet, daß es sich um mit dem Licht verwandte Strahlen kürzerer Wellenlängen handle. Aus Versuchen von B. WALTER und R. POHL (1908 und 1909) und deren Auswertungen durch P. P. KOCH (1912) schätzte A. SOMMERFELD (1912) die Wellenlänge auf $4 \cdot 10^{-7}$ cm. Der endgültige Beweis, daß Röntgenstrahlen elektromagnetische Wellen kleinerer Wellenlänge als Licht (gesamter Spektralbereich etwa von $5 \cdot 10^{-7}$ bis $1 \cdot 10^{-11}$ cm) sind, gelang auf Anregung von M. VON LAUE (1912) den Experimentatoren W. FRIEDRICH und P. KNIPPING. Es handelt sich bei diesem die experimentelle Strukturforschung einleitenden wichtigen Ereignis, 17 Jahre nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen, um eine für die Entwicklung der Wissenschaften so typische Erscheinung, daß es sich lohnt, etwas näher auf die Vorgeschichte einzugehen. Schon im 17. und 18. Jahrhundert wurden einzelne Erscheinungen der Kristalle auf gesetzmäßige Anordnung elementarer Einheiten zurückgeführt, und RENÉ JUST HAUY hatte 1781/82 eine auf Raumteilung beruhende Theorie des Kristallbaues entworfen. Allein erst 1848 gelang es A. BRAVAIS, mit Hilfe des Begriffes der Raumgitter, ein die makroskopischen Symmetrieverhältnisse widerspiegelndes Bild der Anordnung diskreter materieller Teilchen im Kristall zu entwickeln. Über CHR. WIENER, L. SOHNCKE, C. JORDAN erfolgte 1891 durch A. SCHOENFLIES und (mehr vom Standpunkte der Raumteilung aus) gleichzeitig durch E. v. FEDOROW (wenigstens im Schema) die erschöpfende mathematische Ableitung aller möglichen mit den Kristalleigenschaften verträglichen Teilchenanordnungen. So lag bereits vier Jahre vor der Entdeckung der Röntgenstrahlen der mathematische Teil einer allgemeinen Kristallstrukturtheorie vor; doch blieb, da experimentelle Nachweise und spezielle Strukturbestimmungen noch nicht im Bereiche des Möglichen lagen, alles Arbeitshypothese. Viele Kristallographen lehnten es ab, näher auf diese Anschauungen einzugehen, und die theoretischen Ergebnisse von SCHOENFLIES und v. FEDOROW blieben unausgewertet. In Deutschland war P. VON GROTH (1843–1927) einer der wenigen Kristallographen, der dem raumgitterartigen Aufbau der Kristalle aus atomaren Teilchen größere Beachtung schenkte. So ist es kein Zufall, daß in München, wo W. C. RÖNTGEN als Physiker und P. VON GROTH als Mineraloge lehrten, M. VON LAUE den Gedanken faßte, durch Interferenzversuche an natürlichen Kristallgittern gleichzeitig die Wellennatur der Röntgenstrahlen und die Gitterstruktur der Kristalle zu beweisen. Gerade weil beide Voraussetzungen noch unbewiesen waren, hatte das Gelingen des Experimentes eine ungeahnte Wirkung. Allerdings schien es zunächst schwierig zu sein, aus den Interferenzmustern, den sogenannten LAUE*diagrammen*, etwas Spezielles über die Kristallstruktur auszusagen. M. VON LAUE, der als Nachfolger von A. EINSTEIN und P. DEBYE im Jahr der Entdeckung der Interferenzerscheinungen auf den Lehrstuhl der theoretischen Physik der Universität Zürich berufen wurde, konnte jedoch schon 1914 in einem Artikel der Festschrift zur Einweihung der Neubauten dieser Universität auf die ersten, 1913 erfolgten Strukturbestimmungen durch W. H. BRAGG und W. L. BRAGG aufmerksam machen. Die Überlegung von W. H. und W. L. BRAGG, daß man die LAUEschen Interferenzen als selektive Reflexion an Netzebenen deuten könne, wobei eine einfache Beziehung zwischen dem λ des Röntgenlichtes und dem Abstand gleichbelasteter Netzebenen aufstellbar war, erleichterte außerordentlich die Auswertung und führte zu einer besonderen Methode der Strukturbestimmung mit monochromatischem Röntgenlicht, der BRAGGschen Methode.

Sicherlich aber haben die schon vor der Jahrhundertwende erfolgten Arbeiten von W. BARLOW, in denen Kristallstrukturen in Form von Kugelpackungen dargestellt wurden, wesentlich dazu beigetragen, daß diese ersten Versuche der englischen Physiker, Kristallstrukturen abzuleiten, zu so anschaulichen und in der Folgezeit in jeder Hinsicht als richtig befundenen ersten Ergebnissen führten. Denn noch wurde die mathematische Strukturtheorie nicht in ihrem die volle Mannigfaltigkeit erschließenden Umfang zu

Rate gezogen, und das war wohl auch für die Bestimmungen der relativ einfachen Strukturen von Diamant, Steinsalz, Sylvin, Zinkblende, Fluorit und Pyrit nicht notwendig.

In der Folgezeit mußte in dreifacher Hinsicht eine Entwicklung einsetzen, damit schwierigere Aufgaben bewältigt werden konnten:

1. Es mußte eine eingehendere Theorie der Interferenzeffekte, der Temperatur-, Struktur- und Lorentzfaktoren zur Bewertung der Intensitätsverhältnisse geschaffen werden. Daran beteiligten sich sehr viele hervorragende Physiker. Die Berechnung von Atomfaktoren und die Fourieranalyse von Gitterfunktionen unter Benutzung des sogenannten reziproken Gitters (P. P. Ewald) sind besonders zu erwähnen.

2. In apparativer und methodischer Hinsicht mußten wesentliche Verbesserungen und Ergänzungen angebracht werden. Zur Braggschen Spektrometermethode, bei der mit monochromatischem Röntgenlicht die den Netzebenenserien zuzuordnenden Reflexionen verschiedener Ordnung einzeln studiert werden, kamen die *Drehkristallmethoden* nach de Broglie, Polanyi, Schiebold usw., weiterentwickelt zur *Röntgengoniometermethode* nach Weissenberg-Böhm, Sauter, Seemann und anderen, gleichfalls unter Benutzung von monochromatischem Röntgenlicht und Einkristallen.

Schon 1916 hatten P. Debye und P. Scherrer gleichzeitig mit W. Hull ein Verfahren für Pulvergemenge ausgearbeitet, das in wesentlichem Maße den Anwendungsbereich erweiterte. Besonders durch den Vergleich der Pulver-Interferenzdiagramme von Substanzen unbekannter Strukturen mit solchen isomorpher bekannter Strukturen gelang es rasch, die Zahl der Bestimmungen zu vermehren. Viel weniger gut zu einer eigentlichen Analyse der Massenverteilung eignete sich das ursprüngliche Laue*sche Verfahren* mit polychromatischem Licht und senkrechtem Einfall auf bestimmte Kristallflächen. Eine große Serie von Aufnahmen an Kalzit wurde durch Schiebold in diesem Sinne ausgewertet.

3. 1919 erfolgte in einer «Geometrischen Kristallographie des Diskontinuums» die erste explizite mathematische Darstellung der Strukturverhältnisse aller möglichen 230 verschiedenen Symmetriefälle der Raumgitterstrukturen unter Angabe der in jedem dieser Raumsysteme auftretenden verschiedenen Zähligkeiten, Symmetriebedingungen, Freiheitsgrade der Punktlagen und ihrer Gitterkomplexbildung. Es erwies sich für kompliziertere Verbindungen als notwendig, primär nicht nur die Raumgitterkonstanten zu bestimmen, sondern auch die mögliche Zuordnung zu ganz bestimmten Raumsystemen. Und es gelang, auf Grund der geometrischen Verhältnisse und daraus ableitbarer Auswahlregeln für die Interferenzmaxima *röntgenometrische Raumsystemsbestimmungstabellen* zu konstruieren. Kenntnis des Raumsystems mit seinen durch die Symmetrieverhältnisse gegebenen Punktanordnungsmöglichkeiten gestattet aber bei Kenntnis der Raumgitterkonstanten und der Zahl der Atome in der Raumgittereinheit eine streng wissenschaftliche Diskussion der mit den Interferenzerscheinungen verträglichen Teilchenanordnungen. Die Bedeutung dieses Hilfsmittels wurde daher rasch erkannt, schon 1922 erschienen weitere analoge Tabellenwerke von R. W. G. Wyckoff und 1924 von W. T. Astbury und K. Yardley, 1929 solche von F. Rinne und E. Schiebold.

Inzwischen wurden die Auslöschungsgesetze strenger gefaßt und unter voller Berücksichtigung der Vieldeutigkeit bei gegebener Auswahlregel in integrale, zonale und seriale aufgeteilt. Als 1930 Neuauflagen dieser geometrisch-mathematischen Arbeiten fällig waren, wurde an einer anläßlich einer Konferenz der Faraday Society in London beschlossenen Zusammenkunft führender Strukturforscher im mineralogischen Institut beider Hochschulen Zürichs unter Berücksichtigung aller geäußerten Bedürfnisse das Programm zu einem internationalen Tabellenwerk ausgearbeitet. 1935 konnten in zwei Bänden die heute unentbehrlichen «Internationalen Tabellen zur Bestimmung der Kristallstrukturen» herausgegeben werden. An ihnen wirkten mit: W. T. Astbury, J. D. Bernal, A. J. Bradley, W. H. und W. L. Bragg, E. Brandenberger, P. P. Ewald, C. Hermann, R.W. James, N. H. Kolkmeijer, M. Laue, K. Lonsdale, Ch. Mauguin, P. Niggli, L. Pauling, E. Schiebold, A. Schleede, E. Schneider, J. West, N. Wooster, R. W. G. Wyckoff, die Royal Society of London, die Preußische Akademie der Wissenschaften, die National Academy of U.S.A., die Rockefeller Foundation, Le Ministère de l'Education nationale de France, Het Nederlandsch Ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschapen und vier niederländische wissenschaftliche Vereinigungen. Die Kristallstrukturbestimmung selbst wurde weitaus in erster Linie durch die Arbeiten von W. H. und W. L. Bragg mit ihren Mitarbeitern gefördert; diese Schule war besonders auf dem Gebiet der Silikate und der organischen Verbindungen bald führend. Daneben wuchs ständig die Zahl der sich der Kristallstrukturerforschung zuwendenden Institute, und manche einfacher gebaute Substanzen wurden ihrer Konstitution nach durch V. M. Goldschmidt aufgeklärt. Die Zeitschrift für Kristallographie wuchs zum zentralen Organ aus. In ihr erschienen nicht nur wichtige Strukturbestimmungen aus den Laboratorien aller Kulturländer, in Ergänzungsbänden wurde durch sehr sorgfältig redigierte Strukturberichte (bis 1939 sieben Bände) eine lückenlose Dokumentation der Ergebnisse geschaffen. Leider hat der Krieg diese schöne internationale Zusammenarbeit, die auf einem neuen Forschungsgebiet fast von Anfang an funktionierte und eine Zersplitte-

ng verhinderte, vollständig unterbrochen[1], doch ist hoffen, daß eine Neuregelung nicht lange auf sich rten läßt. Denn nur dadurch, daß es jederzeit mögh war, die ständig anwachsende Fülle neuer experienteller Daten zu verifizieren und zu überblicken, lang es, im Zeitraum von drei Jahrzehnten eine ue Wissenschaft, die *Kristallstereochemie*, zu beinden und soweit auszubauen, daß bereits heute die undprinzipien sich klar und deutlich herausschälen. 1919 hatte P. von Groth mit dem 5. Band der hemischen Kristallographie» das Standardwerk der änomenologischen Kristallchemie zum Abschluß geacht. Viele wichtige Gesetzmäßigkeiten über das rhalten der atomaren Bestandteile (besonders in zug auf ihre Raumbeanspruchung) ließen sich reits daraus ableiten, allein nach Kenntnis einer ößeren Zahl von Strukturen konnten nun Kernstände, Koordinationsschemata und Koordinationshlen bestimmt und räumliche Pauschaleffekte atostisch gedeutet werden. Bald gelang es, die Gesetzäßigkeiten zu formulieren und unter Ausbau des athematisch-geometrischen Teiles der Strukturlehre e auch die Molekularchemie mit umfassende, allmeine Stereochemie der Atomverbände zu schaffen. ebei erwiesen sich auch für dieses große Gebiet r Lehre von der räumlichen Lagerung der Atome einer Verbindung die Vorstellungen, welche A. Werer von 1891 an entwickelt hatte, als außerordentlich chtbringend. Heute lassen sich Erscheinungen auf nz verschiedenen Teilgebieten der Chemie unter alogen Gesichtspunkten zusammenfassen, so daß r Zeit wohl keine Wissenschaft so sehr wie die emie als Ganzes vor einer sicherlich die Forschung fruchtenden und die Übersicht erleichternden Sanieng und Neufassung ihres Begriffssystems steht. noch 1874 J. H. van 't Hoff als Phantast bezeicht worden, als er auf organische Verbindungen Ergebsse der Kristallographie anwandte, um die Gestalt r Moleküle zu beschreiben, so ist es heute zu einer uptaufgabe der Kristallkunde geworden, nicht ristallformen, sondern ihnen korrelate Punkt- bzw. ilchenkonfigurationen zu behandeln und — abgesen von der phänomenologischen Kristallmorpholo — die Polyeder nur als besonders anschauliche lfsmittel (z. B. in der Form der Koordinationslyeder) zu benutzen.

Derjenige, der sich in die Lehre von den Punktnfigurationen eingearbeitet hat, der also imstande , die Mannigfaltigkeit zu beurteilen, die selbst unter Innehaltung gewisser Voraussetzungen denkbar ist, wird besonders durch die ausgesprochene Selektion auf eine relativ kleine Zahl tatsächlich verwirklichter Strukturtypen beeindruckt. Was J. Steiner von der projektiven Geometrie sagte, gilt für die Materialisierung der Punktkonfigurationen: «Die Natur geht von wenigen Grundelementen aus, um mit möglichster Sparsamkeit und auf einfachste, wohlgeordnete Weise den ‚Figuren' unzählig viele Eigenschaften zu verleihen.» In der von den Bindungsarten weitgehend unabhängigen Geometrie der atomaren Bauverbände, die bereits heute ihre eigene, die Zusammenhänge betonende Terminologie besitzt, kommt in dominierender Weise das *Symmetrieprinzip* zur Geltung. Es läßt sich etwa wie folgt formulieren:

a) Den für die Bindungen in Frage kommenden äußeren Elektronenhüllen der Atome kommen bei relativ symmetrischer Kraftfeldwirkung ausgezeichnete Funktionenwerte zu. Charakteristische Regeln stellen zwischen verschiedenen Zuständen gleicher und artungleicher Atome enge Beziehungen her, aus denen nicht nur die weitverbreiteten Analogien, sondern auch die Unterschiede im Verhalten bei der Verbandsbildung ableitbar sind. Bekanntlich vermag die Anordnung der chemischen Elemente im sogenannten periodischen System, besonders in seiner quantenmechanischen Deutung, manche Auskünfte zu vermitteln. In den Verbindungen verhalten sich viele Atomarten zueinander *diadoch*, d. h. sie können sich unter relativ geringfügiger und bereits vorausberechenbarer Änderung der Konfigurationsverhältnisse gegenseitig ersetzen; sie sind dann, was sicherlich eine Aussage der Symmetrielehre ist, geometrisch gleichwertig oder pseudogleichwertig.

b) Die Art und Weise, wie sich bei der Verbandsbildung um ein Atom andere daran direkt gebundene Teilchen gruppieren, nennt man die *Koordinationsverhältnisse*. Bei gegebener, aus dem Atombau weitgehend deduzierbarer *Koordinationszahl* entsteht in Abhängigkeit von den Raumbeanspruchungsverhältnissen der Teilchen stets ein möglichst hochsymmetrisches Koordinationsschema. Mit anderen Worten: wählt man die Schwerpunkte der Liganden um ein Zentralatom zu den Ecken eines *Koordinationspolyeders*, so hat dieses die Tendenz, einen hochsymmetrischen Körper zu bilden. Die oft nur geringfügigen allfälligen Deformationen sind bereits auf Sondereffekte des Atombaues oder des Einflusses der weiteren Nachbarschaft zurückführbar.

c) Sind bei Substitutionen stärkere Deformationen zu erwarten, so treten sie öfters nicht auf, es geht der Strukturtypus *sprunghaft* in einen neuen, wieder relativ hochsymmetrischen Bauplan über, der den neuen Bindungs- und Raumbeanspruchungsverhältnissen besser angepaßt ist. Jeder ausgezeichnete Strukturtypus aber besitzt ein über ein kleineres oder größeres Intervall sich erstreckendes Toleranz- und Existenz-

[1] Von den vier Herausgebern und Redaktoren P. Niggli, P. Ewald, K. Fajans, M. von Laue der von P. von Groth 77 begründeten Zeitschrift traten infolge des Umsturzes in utschland und der Kriegsereignisse die ersten drei 1939/40 der Leitung der in Leipzig gedruckten Zeitschrift zurück, hrend M. von Laue versuchte, soweit als möglich das Werk 1944 traditionsgemäß weiterzuführen. Zwischen 1920 und 1940, Jahre, während derer die Hauptredaktion in Zürich war, sind d 50 Bände erschienen, mit vielen Originalabhandlungen in tscher, englischer, französischer und italienischer Sprache.

feld, innerhalb dessen er niedrigsymmetrischen gegenüber bevorzugt ist.

Es ist gelungen, einige der für die Auswahl der Bautypen maßgebenden Prinzipien geometrisch zu fassen und darauf fußend diejenigen Strukturen gesondert abzuleiten, die bereits weitgehend der tatsächlich verwirklichten Mannigfaltigkeit entsprechen. Mehrfach wurden so mit schon bekannten «gleichrangige» Strukturvarianten beschrieben, die später auch experimentell nachgewiesen werden konnten.

Die Selektion in geometrischer Hinsicht, bedingt durch das Auftreten weniger typischer Grundkonfigurationen, hat naturgemäß zur Folge, daß sich zwischen vielen, zunächst scheinbar ganz verschiedenartigen Strukturen enge verwandtschaftliche Beziehungen auffinden lassen. Eine *vergleichende* Stereochemie, im besonderen *Kristallstereochemie*, ist entstanden, die diesen Zusammenhängen nachgeht. Sie ist nicht nur Geometrie geblieben, sondern hat sehr stark die experimentelle Kristallchemie beeinflußt, denn manche Beziehungen zwischen verschiedenen Strukturen lassen sich als Reaktionen, Platztauschvorgänge, Umwandlungen, Einlagerungen, Veränderungen mit Leerstellenbildung realisieren.

Ein wichtiges Problem ist das der Anpassungsfähigkeit einer Kristallstruktur an variable äußere Bedingungen geworden. Es handelt sich um die *Abgrenzung der Kristallarten gegeneinander* und die Bestimmung der inneren, ihnen zukommenden Variabilität.

Eine weitere, bereits vor 25 Jahren formulierte Fragestellung erlangt gleichfalls zunehmende Bedeutung, nämlich die des Verhältnisses der strengen Raumgittertheorie zum *Realkristallbau*. Man kann davon sprechen, daß gegenüber den Baugesetzen der Idealkristalle systematische und unsystematische Abweichungen und Fehlordnungen auftreten. Ihr Studium ist besonders technisch von Bedeutung, da ja viele Werkstoffe Kristallaggregate sind. Wichtig ist es, diese *Kristallpathologie* im weitern Sinne des Wortes nicht nur beschreibend genau zu fassen, sondern den Ursachen nachzugehen und Mittel und Wege anzugeben, die zur Verbesserung und Erholung führen.

Vergleicht man die Kristallkunde vor 30 Jahren mit den heute überall spürbaren Ansätzen einer neuen Behandlungsweise, so tritt die umwälzende Bedeutung, die der neuen Methode der Durchstrahlung der Kristalle mit Röntgenlicht zukommt, in überwältigender Weise zutage. Doch muß ausdrücklich betont werden, daß in dieser kurzen Zeitspanne die großen Fortschritte nur deshalb möglich waren, weil schon vorher die Kristallchemie ein ungeheures Tatsachenmaterial zusammengetragen hatte und eine mathematische Theorie der Kristallstrukturen bereits vorlag. Die neue Experimentalmethode hat wichtige, in sich sorgfältig ausgebaute Wissensgebiete aktiviert und fand ihrerseits wesentliche Teile, die sie zur weiteren Entwicklung benötigte, wohlgeordnet vor.

Und noch ein Zweites darf nicht vergessen werden. In der an die Entdeckungen anschließenden Hauptentwicklungsperiode (von Mitte der zwanziger Jahre bis Ende der dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts) gelang es, nach Überwindung mancher Schwierigkeiten, eine vortreffliche, jedoch völlig freiwillige und zwanglose internationale Zusammenarbeit der Kristallstrukturforscher in die Wege zu leiten, die Auswertungen und Zusammenfassungen außerordentlich erleichterte.

II. *Die Röntgeninterferenzen als allgemeines Hilfsmittel naturwissenschaftlicher Forschung und materialtechnischer Prüfung*

Die Bedeutung der Röntgeninterferenzen erschöpft sich indessen bei weitem nicht in einer experimentellen Bestimmung von Kristallstrukturen. Mannigfacher Art sind ihre weitern Anwendungen, die sich heute ebensosehr das Gesamtgebiet der naturwissenschaftlichen Forschung wie der technischen Materialprüfung erschlossen haben.

Zunächst ergeben Röntgenstrahlen nämlich nicht nur an Kristallen, sondern an jeglicher aus Atomen aufgebauten Materie typische Beugungserscheinungen, also auch an amorph festen Stoffen, an Flüssigkeiten und Gasen. Selbst bei diesen lassen die Beugungsphänomene, obschon nicht gleich unmittelbar und eindeutig wie im Falle der Kristallinterferenzen, die den Stoffen zukommende Atomgruppierung experimentell ermitteln. So ist es möglich, bei aus Molekülen aufgebauten Gasen etwas über die Lagerung der Atome in den Molekülen auszusagen, bei Flüssigkeiten überdies den Grad der mittlern molekularen Ordnung zu beurteilen. Von der Erforschung der Kristallstrukturen ausgehend, sind heute die auf den Röntgeninterferenzen beruhenden Methoden (oft vorteilhaft ergänzt durch ganz entsprechende Versuche mit Elektronenstrahlen) zum universellsten Mittel der *Konstitutionsaufklärung chemischer Verbindungen aller Art* geworden. Sie sind den klassischen Verfahren des rein chemischen Konstitutionsnachweises in gewissen Fällen vor allem darin überlegen, daß sie sich auf *alle* Zustände der Materie und nicht nur bevorzugt auf Gase und Lösungen anwenden lassen, und dazu die Atomlagerung nicht nur relativ, sondern absolut zu bestimmen erlauben.

Dazu kommt ein Weiteres, das die Bedeutung, welche die Röntgenstrahlen heute erlangt haben, erst ganz ermessen läßt: Die an kristallisierten Körpern im speziellen möglichen Röntgeninterferenzerscheinungen haben sich als ein außerordentlich aufschlußreiches Kennzeichen nicht nur der Kristallstrukturen an sich, sondern auch ihres besonderen Zustandes erwiesen. Dabei übertreffen die röntgenographischen Verfahren als Mittel zur Bestimmung und Charakterisierung des

peziellen Kristallzustandes alle andern hierfür bisher twickelten Methoden, wie etwa die in der klassischen ristallographie bekannten. Sie lassen sich nämlich Gegensatz zu den letztern auch bei Kristalldimenonen weit unter dem Auflösungsvermögen von Mikrop und Ultramikroskop, ja selbst des Übermikrops erfolgreich anwenden. Die Möglichkeit, durch n Beugungsversuch mit Röntgenstrahlen auch dertige, bloß submikroskopisch kleine Gebilde auf ihre omistische Struktur hin zu untersuchen und zu chakterisieren, hat erst die *überragende Bedeutung des istallisierten Zustandes* als normale Erscheinungsrm der festen Körper offenbart. Unzählige natürche und künstliche feste Stoffe, die ehedem als morph beschrieben wurden, darunter sowohl Materialien der Technik als auch Baustoffe der Lebesen, haben sich auf Grund ihres Verhaltens beim öntgeninterferenzversuch als Haufwerke submikroopisch kleiner Kristalle und damit als kristalliierte Materie erwiesen.

Seit der Entdeckung der Beugung der Röntgenrahlen an Kristallen sind bereits an mehreren tauend Kristallarten deren individuelle Röntgenintergrenzen festgestellt und diese Daten zum Teil in abellenwerken zur röntgenographischen *Bestimmung r Kristallarten* (vergleichbar den spektroskopischen tlanten zur Ermittlung der chemischen Elemente auf em Wege einer Spektralanalyse) vereinigt worden. Weiterer Ausbau dieser Datensammlungen mit der bsicht, sie zu eigentlichen, in sich geschlossenen estimmungsschlüsseln der Kristallarten an Hand ihrer öntgeninterferenzen zu gestalten, stellt eines der ächsten Ziele wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit ar und dürfte den Anwendungsbereich der röntgenoraphischen Methoden speziell im Hinblick auf eine erienmäßige Verwertung erneut wesentlich ausweiten. ies um so mehr, als sich auch die Erscheinung der olymorphie als weit verbreiteter erwiesen hat, als üher angenommen wurde, so daß neben der formelnäßigen Zusammensetzung einer chemischen Verindung stets auch nach der speziellen Modifikation, n der sie vorliegt, zu fragen ist. Sodann aber auch, veil es mittels der Röntgendiagramme gelingt, nicht ur reine Kristallarten einzeln zu bestimmen, sondern n Gemischen aus mehreren Kristallarten die Kompoenten festzustellen. Es liegt somit oft im Röntgenterferenzverhalten ein besonders einfaches Mittel or, um zu entscheiden, ob im Einzelfall Gemenge, Mischkristalle irgendwelcher Art oder selbständige, eue Kristallarten (Verbindungen) vorliegen. Bereits eute sind röntgenographische Untersuchungen dieser Zielsetzung häufig. Sie kommen im Rahmen der reinen vie der angewandten Forschung laufend zur Durchührung: längst nicht mehr auf dem Gebiet der Kristallkunde allein, sondern darüber hinaus in der Mineralogie, Gesteins- und Bodenkunde im allgemeinen, dazu in chemischen Laboratorien aller Art, hier als wertvolle, oft gar unerläßliche Ergänzung der chemischen Analyse und zudem besonders bedeutsam bei der physikalisch-chemischen Untersuchung ganzer Systeme, sodann auf dem Gesamtgebiet der Materialprüfung beim Studium der sämtlichen Werkstoffe, und schließlich in mannigfacher Anwendung bei biologisch-medizinischer Problemstellung am gesunden oder kranken Organismus.

Sehr oft beschränken sich derartige röntgenographische Untersuchungen nicht auf die Feststellung der anwesenden Kristallarten. Die spezielle Beschaffenheit der Interferenzeffekte ermöglicht eine nähere *Charakterisierung des besondern Zustandes der fraglichen Kristalle*, ihrer Größe und Form oder ihrer Anordnung im Verband des Kristallhaufwerks. Für die Lösung solcher Aufgaben sind im Laufe der letzten Jahrzehnte zahlreiche Sondermethoden entwickelt worden, wobei die Bestimmung von *Größe und Form submikroskopisch kleiner Kristalle* und die Analyse geregelter Kristallhaufwerke auf ihre speziellen *texturellen Verhältnisse* hin besondere Bedeutung erlangt haben. Außerdem eignen sich die Röntgeninterferenzen in ausgezeichneter Weise zur Beurteilung der *Kristallgüte*, beispielsweise der Beeinträchtigung dieser «Güte» durch Störungen der normalen Gitterordnung, wie sie in ganz verschiedener Art und aus den verschiedensten Ursachen sich ergeben können. Den röntgenographischen Methoden ist fast ausschließlich unsere heute schon recht weit gediehene, wenn auch noch längst nicht vollkommene Einsicht in den *submikroskopischen Realbau der Kristalle* zu verdanken, wobei den Gitterstörungen, die im Gefolge einer plastischen Verformung von Kristallen auftreten oder die den Kristallzustand aktiver Stoffe kennzeichnen, besondere Aufmerksamkeit zuteil wurde.

Die Möglichkeit, bereits Kristallkeime von bloß submikroskopischen Abmessungen nachzuweisen und ihrer Art nach zu bestimmen, dazu den durchschnittlichen Zustand der Kristalle bis auf Dimensionen von ca. 10^{-7} cm Kantenlänge zu verfolgen, haben die Röntgeninterferenzmethoden zudem befähigt, *Umwandlungen und chemische Reaktionen* im und am festen Körper zu studieren und den Ablauf solcher Prozesse in seinem atomaren Geschehen zu erfassen. Es ist im wesentlichen gleichfalls ein Ergebnis röntgenographischer Forschung, wenn heute das Bild von der Unwandelbarkeit der festen Stoffe endgültig aufgegeben und an seine Stelle die Erkenntnis getreten ist, daß in festen Körpern und zwischen festen Phasen mannigfache Umwandlungen und Reaktionen ohne jede Mitwirkung flüssiger oder gasförmiger Medien möglich sind. Das Studium dieser Vorgänge gewinnt ständig an Interesse, je mehr sich herausstellt, daß die Großzahl der technisch wichtigen Prozesse, wie sie sich an den Werkstoffen, sei es bei ihrer Gewinnung und Herstellung oder ihrer Verarbeitung und Beanspruchung, aber auch bei ihrer Zerstörung abspielen, zu

den Umwandlungen und Reaktionen im und am Kristallgitter gehören.

So haben die Röntgenstrahlen, im speziellen seit der Entdeckung ihrer Beugungserscheinungen, in den letzten Jahrzehnten *das Feld kristallkundlicher Forschung ungemein erweitert.* Die Untersuchungsergebnisse haben weit über die Nachbarwissenschaften hinaus und nicht zuletzt für den *technischen Fortschritt* eine entscheidende Bedeutung erlangt. Dies gilt um so mehr, als der Aufbau derjenigen Stoffe, die nach vollzogener röntgenographischer Untersuchung weiterhin als *amorph* anzusprechen sind, mit dem Bau der Kristalle in einem nahen, oft gar in einem sehr engen Zusammenhang steht. Es erfahren daher solche echt amorphen Körper (wie z. B. die Gläser und viele organische Kunststoffe) heute mit Recht ihre Behandlung in unmittelbarer Anlehnung an die kristallkundliche Betrachtungsweise. Damit aber beherrscht diese in ausgesprochener Weise die *Lehre des festen Zustandes* und bildet die letztere erneut ein unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachtendes Ganzes, weil die Struktur, d. h. der Aufbau aus Teilchen atomarer Größe, als wichtigstes Merkmal erkannt wurde.

III. *Die Röntgendurchstrahlung und Röntgenspektroskopie*

Bereits die Interferenzerscheinungen der Röntgenstrahlen würden der Röntgenröhre im Instrumentarium der naturwissenschaftlichen Forschung und des technischen Prüfstandes einen Platz von gleich zentralem Rang einräumen, wie er bisher wohl einzig der Waage und dem Mikroskop eigen war. Dabei stellen jedoch die bisher ausschließlich betrachteten Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen durchaus nicht die einzige Möglichkeit ihrer Nutzanwendung in Wissenschaft und Technik dar. Zwei weitern, völlig anders gearteten Anwendungsformen, bekannt als *Röntgendurchstrahlung* und *Röntgenspektroskopie*, kommt eine gleichfalls vielseitige Verwendung zu. Erstere, ihrerseits zur Röntgendiagnostik der Medizin überleitend, ergibt auf dem Gebiet materialtechnischer Untersuchungen das bisher bestentwickelte und zugleich allgemeinst anwendbare Verfahren einer *zerstörungsfreien Materialprüfung.* Entsprechend der kurzen Wellenlänge und dem sich daraus ergebenden beträchtlichen Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen gegenüber Materie gelingt es, mit Röntgenstrahlung Objekte zu durchleuchten oder unter Anwendung von photographischen Aufnahmen zu durchstrahlen, selbst wenn dieselben für gewöhnliches Licht völlig undurchsichtig sind. Auf diesem Wege können somit von Körpern, deren Inneres sich von bloßem Auge nicht beurteilen läßt, *Schatten- oder Durchstrahlungsbilder* angefertigt werden, sei es um den Innenaufbau eines Werkstücks zu kontrollieren oder aber die Homogenität seiner Werkstoffe einer Prüfung zu unterziehen. Fehlstellen in den Werkstoffen werden den Strahlendurchtritt verändern, im allgemeinen erleichtern, seltener erschweren, und sich daher, sofern sie makroskopische Dimensionen besitzen, auf dem Röntgenbild als Gebiete veränderter (in der Regel erhöhter) Schwärzung abheben. Verhältnismäßig spät der technischen Verwertung zugänglich gemacht (wiewohl die Möglichkeit einer Röntgendurchstrahlung vom Entdecker der Röntgenstrahlen sehr bald erkannt wurde), hat dieses Verfahren einer zerstörungsfreien Werkstückprüfung, das von Deutschland und den USA. aus seinen Ausgang nahm, sich heute einen unbestrittenen Platz im Rahmen der Materialprüfung gesichert. Untersuchungen an geschweißten und gegossenen Werkstücken stehen dabei im Vordergrund, wobei diese zumeist unter Verwendung transportabler Röntgengeräte in den Werkstätten oder gar am Bauwerk selber zur Ausführung gelangen.

Die *Röntgenspektralanalyse* schließlich hat bei gleicher Zielsetzung wie die gewöhnliche Spektralanalyse gegenüber der letztern vor allem den Vorteil, in den Röntgenspektren verhältnismäßig einfach gebaute, damit leichter deutbare Linienserien zu erhalten, ohne allerdings die gleiche Empfindlichkeit wie die optischen Verfahren zu erreichen. Sie hat sich bisher vorab bewährt bei der Untersuchung natürlicher Kristalle auf Spurenelemente. Dadurch wurde das Tatsachenmaterial über die *geochemische Verteilung der Elemente* (besonders durch die diesbezüglichen Arbeiten von V. M. Goldschmidt und von Hevesy) wesentlich bereichert und z. B. die Entdeckung und Reindarstellung des neuen Elements Hafnium ermöglicht. Darüber hinaus bietet das Studium der Röntgenspektren die Möglichkeit, Aussagen über den dynamischen Zustand der Atome in verschiedenen Verbindungen zu machen und damit Fragen der chemischen Bindung (z. B. nach den zwischen den Atomen eines Kristallgitters vorhandenen Kräften) zu beantworten, ganz abgesehen von der entscheidenden Förderung, die unsere Kenntnis des *Atombaues* durch das Studium der Röntgenspektren erfahren hat.

Summary

X-rays have proved exceptionally useful in the investigation of the structure of matter, especially since the discovery of X-ray diffraction in crystals. A survey is given of the development of research into crystal structures and stress is laid on the value of the international co-operation achieved in this field. The use of X-ray diffraction, at first restricted to the determination of crystal structures, has in the course of time been extended far beyond the limits of crystallography. Today diffraction methods offer a widely applicable means of scientific research and one particularly adapted to the technical testing of materials. Further important applications of X-rays in science and technology are provided by radiography and X-ray spectroscopy.

The Limits and Achievements of Modern X-Ray Tube Constructions

By H. B. G. Casimir and W. J. Oosterkamp, Eindhoven

§ 1. *Introduction*

Looking back over the development of X-rays from the moment of Roentgen's fundamental discovery to the present, one fact is immediately obvious:

The generation of X-rays still bases on the same physical mechanism i.e. the bombardment of solid matter by high speed electrons. In the field of light sources we have, during these years experienced the change from gas lights to the electric incandescent lamp and to gas discharge tubes. With X-rays on the other hand it has been more a development of technical details than a change in principals. It is highly improbable that X-rays will ever be generated by an entirely different mechanism. As a source of hard X-rays, radio active substances must also be considered. Radium is now used for therapeutical purposes as well as for examining materials. One may assume that the preparation of new radioactive elements will give a wide scope of new possibilities.

If for the moment we do not consider the possibility of successive acceleration of electrons, which will be briefly discussed at the end of this paper, we see that for the generation of X-rays we need a source of electrons, an anode (anticathode) as well as a high tension generator for the accelerating voltage. The use of high vacuum tubes with a heated cathode as source of electrons was a considerable progress over the gas discharge tube, where the electrons were generated by ions striking the cathode. The high vacuum tube also allows changes of current and voltage within wide limits independently of each other. The complicated and not always very reliable devices to maintain the necessary gas pressure were no more needed. At the same time Ruhmkorff's inductor was replaced by the transformer with or without rectifier and condensers. Lately, electrostatic generators have been used for extremely high tensions. However for the normal operation of X-ray tubes, they will probably not be of any importance.

The prototype of an X-ray tube based on the principles outlined above, is shown in fig. 1. All further developments can be considered as an improvement of this tube. Further progress was made to satisfy the demands for higher outputs and to ensure simpler and safer operation of the tubes and equipments. We do not intend to discuss the development of X-ray equipment here in detail, although the peculiar connection of high and low power technics is a very interesting subject for the electrician. Neither shall we try to give an even halfways complete list of the tubes developed until now, as this would only lead to quite a tedious enumeration of technical details. Instead we should like to discuss two problems in greater detail which are of vital importance for the construction of X-ray tubes i.e. heat dissipation at the anode and the insulation problem inside as well as outside of the tube. The different types of tubes discussed here serve only to illustrate the general aspects, and the choice of these types should in no way be considered as an opinion of their technical value.

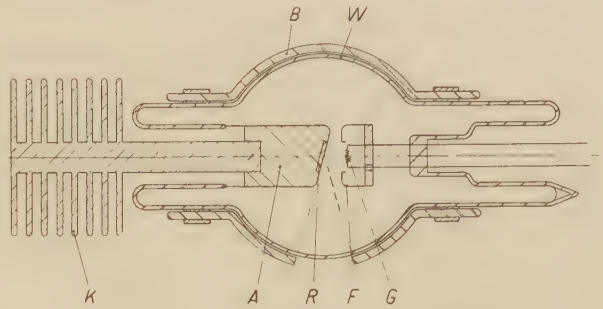


Fig. 1. The Prototype of Modern X-Ray Tubes.
G = filament with focussing device F.
A = anode with tungsten disc R.
W = glasswall of the tube.
K = radiator for dissipating heat into the surroundings.
B = lead glass casing for ray proofing.

§ 2. *The Problem of Heat Development in the Anode*

The generation of X-rays is necessarily connected with a considerable development of heat. As already mentioned in the introduction, high speed electrons i.e. high powered electrons are used to generate X-rays. Unfortunately the yield of X-rays is very low, for electrons of 100 kV (i.e. for electrons that have passed through a potential difference of 100000 V, such electrons have a velocity of 165000 km/sec) and a tungsten anode, about 0·5 per cent. The yield expressed in per cent increases approximately proportionally with the accelerating tension and is also about proportional to the atomic number of the anode material. Apart from these two factors the yield cannot be influenced in any way. Two facts can immediately be deduced from these rules: firstly one should construct the anode of a material with a high atomic number, unless a definite spectral composition is specified as it is the case for structure analysis of crystals. Later on we shall see why amongst different substances, tungsten is often preferred. Secondly one would be inclined to rise the tube tension as high as possible within technical limits. However the hardness, or in other words, the penetrating power of the emitted rays is a function of the operating tension and increases rapidly with the tension. X-ray photography is based on the varying absorption within the object, therefore too hard rays

would lead to too small differences of absorption by the different parts of the object and so to too small a contrast. This means that the nature of the object which is to be examined, determines within certain limits the most favorable operating tension. For example dental photography requires about 50 kV, radiology of the lungs 60 kV, although here different specialists advise varying tensions. For radiology of the stomach a tension of 90 kV is usually employed.

In deep therapy an intense radiation of deeper lying parts of the body is the objective, while the surface layers should be spared as far as this is possible. Therefore rays with a high penetrating power are very advantageous and tensions up to 200 kV are used. Higher tensions are not commonly employed, as the equipment for these high tensions is considerably more expensive and difficult to handle. Nevertheless higher tensions are often used today. In surface therapy one wants to avoid an effect on the deeper lying tissues and must therefore employ a lower voltage (approx. 50 to 100 kV). For soft ray therapy after Bucky, tensions as low as 7 kV are used.

High tensions must also sometimes be employed for testing materials according to the thickness and composition of the workpiece. For metal parts, as they are used in modern heavy industry, one has had to apply the highest tensions available. But even in this case the yield hardly exceeds 10 per cent. The yield of X-rays is always low and the rest of the energy, which for a 100 kV amounts to 99·5 per cent, is simply converted into heat.

This heat development in the anode is a limiting factor and to discuss its influence, it is advisable to distinguish between two different cases: firstly the momentary load as if we have it in medical radiology and secondly the continuous load as applied for testing materials and X-ray therapy[1]. X-ray screening lies more or less in between these two extremes and as this case brings no new sides into the discussion, we shall not consider it.

Medical Radiology

We have already seen that the operating tension should be adapted to the object under examination. There are also certain other conditions which must be fulfilled, if one demands as high radiographic definition as possible. Moving of the radiographed part during the exposure causes blurring (blurring due to movement). The finite area of the focus, that is the area of the anode bombarded by electrons also causes a loss of detail (geometrical blurring). To reduce the blurring due to movement of the patient to a minimum, one tends to shorten the time of exposure. The time of exposure can be shortened by increasing the intensity of the X-rays or by combining the film with a fluorescent amplification foil. Such foils however also cause a certain blurring (foil blurr) which as a rule increases with the effectiveness of the foil. Geometrical blurring can be reduced by increasing the distance of the X-ray tube from the film. This however immediately causes a loss of intensity of the X-rays, proportional to the square of the distance. Reducing the area of the focus also reduces geometrical blurring, but the area of the actual focus is also inversely proportional to the intensity and this because the load capacity per mm^2 of the focus is limited.

The energy produced in the anode causes the temperature to rise the higher, the smaller the area of the focus is. This heat is distributed through a layer of definite thickness. The dimensions can be calculated from the specific heat, the heat conductivity and the time of exposure. For short exposures they are almost independent of the area of the focus[1]. In no case must the temperature rise so high that the anode melts or vaporizes. We now see that not only should the anode material have a high atomic weight but also a high melting point, low vapor pressure and be a good heat conductor. Besides, the material must satisfy certain mechanical conditions. Of all metals in question, tungsten has proved itself the most favorable. At a greater distance from the focus, a high melting point is not of such vital importance and it is of advantage to replace the tungsten by copper which conducts the heat three times better than tungsten. Through this, one arrives at the rather standardized construction of a tungsten disc of about 2 mm thickness, slightly bigger than the actual focus, imbedded in a copper bar. This bar is calculated so that it can absorbe the energy applied during the heaviest exposures without a damaging rise in temperature. The highest load capacity of a tube of this construction is about 300 W/mm^2 for 0·1 sec. At 60 kV this gives a tube current of 5 mA/mm^2.

By making use of the line focus principle, it is possible to improve the load capacity per mm^2 of the effective focus area. The radiation of a *visible*, luminous area is expressed by Lambert's cosine law. In this case, an inclination of the luminous area to the direction of the central ray would not increase the intensity. A luminous area always shows the same brightness independently of the angle of view. The emission of X-rays however is mainly isotrope, at least at not too high tensions and not too small glancing angles.

Through this it is possible to obtain a three times higher intensity per mm^2 of the effective focus. This is the limit of the physically possible.

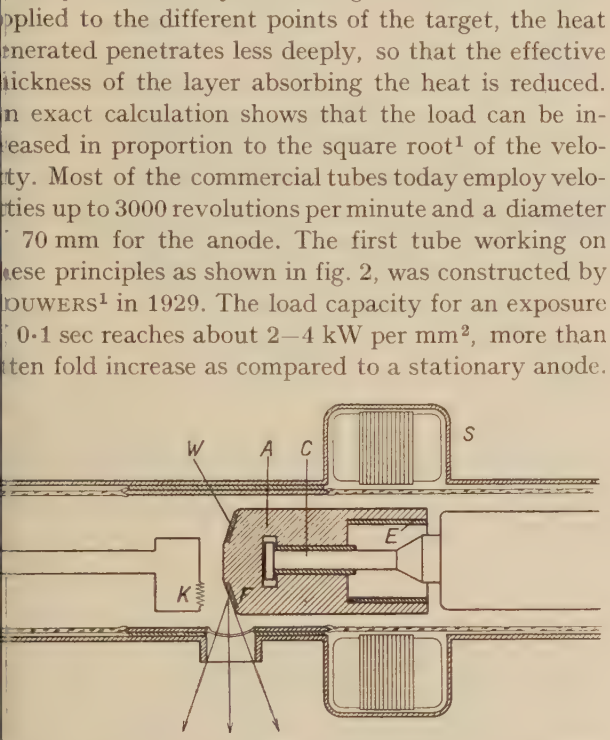
A great improvement can however be achieved by using a rotating anode in place of a stationary anode. If a disc is rotated about an axis vertical to the plain of the disc and the electrons strike the disc close to the

[1] W. J. Oosterkamp, Diss. Delft (1939).

[1] A. Bouwers, Z. techn. Phys. *8*, 271 (1927).

rcumference, every point of the anode that passes rough the stream of electrons will only be bombarded y electrons for a split second of the total time of exosure, provided the velocity of rotation is so great iat such a point passes through a distance greater ian the width of the focus. Through this the bomardment of electrons is distributed of a larger area, though the X-rays are emitted from the same area they would be if the anode were stationary. Therefore the geometrical proportions determining radiographic definition, are not changed.

One would assume that the load capacity would crease in proportion to the velocity, as the area bomarded by electrons increases in proportion to the elocity. However by shortening the time the load is pplied to the different points of the target, the heat nerated penetrates less deeply, so that the effective ickness of the layer absorbing the heat is reduced. n exact calculation shows that the load can be inreased in proportion to the square root[1] of the velo-ty. Most of the commercial tubes today employ velocities up to 3000 revolutions per minute and a diameter 70 mm for the anode. The first tube working on ese principles as shown in fig. 2, was constructed by OUWERS[1] in 1929. The load capacity for an exposure 0·1 sec reaches about 2—4 kW per mm², more than ten fold increase as compared to a stationary anode.



g. 2. The first "Rotalix Tube" (schematically). The discharge amber between the cathode K and the anode A is entirely surnded by metal. The cathode is placed excentrically in the tube d shaped, so that a line focus forms along a line of the curved rface of the cone, which is coated with a layer of tungsten W. e anode rotates about axis C and is driven by a threephase current the stator coils S, similar to the rotor of an induction motor. e iron field ring E serves to concentrate as many lines of force possible in the interior of the copper of the anode. (After Philips' techn. Rev. *3*, 299 [1938]).

further increase in load capacity would be physically ssible by increasing the diameter and the number of volutions per min of the anode. However the technil difficulties increase incommensurately with the eed of the anode, till finally the tensile strength of the ode puts an end to such endeavours. One can therere say that the present load capacities cannot be eatly surpassed[2].

[1] A. Bouwers, Kongreßheft Fortschr. Röntgenstr. *20*, 103 929).

[2] A. Bouwers, Erg. Techn. Röntgenkunde IV, 144 (1934).

What effect has this ten times higher load capacity on diagnostic radiology? To reach an optimum, one must consider all previously mentioned causes of blurring i.e. blurring due to movement of the patient, geometrical blurring, and blurring caused by foils. Closer consideration shows that these three factors must be adjusted to each other, so that the blurring due to each factor is of about the same amplitude[1]. All technical progress must be evenly distributed amongst these three factors. For instance, there is no sense only to reduce the area of the focus and with it geometrical blurring. From this we see that with optimal adjustment the higher specific load capacity of the rotating anode tube reduces blurring in proportion to the cube root of the improvement factor. Applying this to the above mentioned large increase in load capacity, one sees that blurring is only 2—2·5 times less. Nevertheless this improvement is of fundamental importance, because now blurring is so far reduced that it lies below the dimensions of many details of interest for the diagnostician, which can now be examined.

Therapy

During short exposures the total energy developed can be absorbed in the anode, and only after the radiograph, a slow exchange of temperature with the surroundings will take place. For longer exposures as usually needed in therapeutical applications, one arrives at an equilibrium, the heat developed per unit of time is equal to the heat transmitted to the surroundings per unit of time. The fact that the dimensions of the focus are not of such great importance simplifies matters. As a rule, a focus diameter of 15 mm is readily admissible. The loads employed are considerable, usually up to 4 kW. In this case, radiator cooling is not adequate, and unless one purposely restricts oneself to smaller loads[2], one is forced to effect cooling by means of water or insulating oil. Insulating oil is often used for its electrical properties, although as a heat conductor it is considerably less advantageous. A load of 4 kW can be handled with oil without too great complications. The temperature of the area bombarded by electrons remains far below the admissible value. An increase in load leads mainly to cooling difficulties, as the temperature of the cooled area rises too high, which causes the oil to decompose. However there are still further possibilities in this direction. There are two reasons why one has restricted oneself to the above mentioned load. Firstly higher loads require complicated and costly high tension equipment for feeding the tubes, and secondly there has been no special demand from the medical profession in this direction.

[1] A. Bouwers and W. J. Oosterkamp, Fortschr. Röntgenstr. *54*, 87 (1936).

[2] J. H. v. d. Tuuk, Philips' techn. Rev. *6*, 314 (1941).

Testing of Material

The testing of material usually demands long exposure times. This is obviously the case in radiographing series of castings, etc., as it is often done industrially. Radiographs of large workpieces with high absorptive power require a considerable amount of rays and the exposure time therefore often reaches several hours. There can be no question of short time — high load exposures. Structure analyses of crystals also requires longer exposures.

Contrary to the therapy tubes a small focus is demanded as in diagnostic work to obtain good definition. One must not fear blurring due to movement, but nevertheless high intensities are necessary, as otherwise exposure times become prohibitive. The time of exposure could be shortened by rising the tension, but only at a loss of the so essential contrast which is needed to detect small flaws. As for diagnostic purposes, one must strive to obtain a high specific load capacity of the focus. To achieve this, the heat generated at the anode must be removed effectively. This can be done by employing a thin anode, intensely cooled from the back side.

Cooling is here the governing principle. If the heat dissipated per mm² of the backside of the anode is increased, the capacity of the tube is also increased correspondingly, provided the focus area is kept constant. The anode can always be made so thin, that the temperature of the focus does not rise higher than permissible. For this reason it is very advantageous to ground the anode, so that the cooling system can be directly attached to the water mains. A tube for structure analysis of crystals constructed after full consideration of all these facts is shown in fig. 3[1].

A great improvement in testing materials can be achieved by applying the principle of the rotating anode, where the heat generated is distributed over a larger area. This also increases the area available for cooling. The combination of rotating anode and circulating cooling medium requests rotating vacuum joints which are never entirely tight, so that the tube must constantly be evacuated during operation. Tubes of this kind have actually been constructed in different research institutes[1]. Presumably they will only be used in laboratories, at least for the time being.

For certain questions in the field of testing of materials, a tube with rotating anode without enforced cooling offers considerable advantages, especially if an extremely small focus at a low total load is demanded[2].

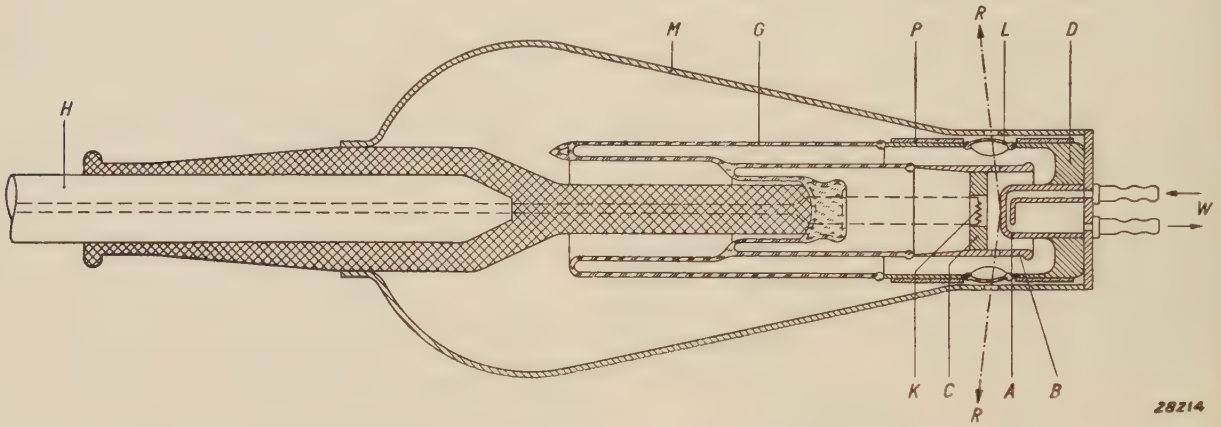


Fig. 3. X-Ray Tube for Structure Analysis of Crystals. The anode *A* forms part of the chrome-iron container *D* with welded on glass extension *G*, carrying the shielding cylinder *B* with plate *C* and the cathode *K*. The X-rays emerge in direction of the arrows *R* through the aperture *L*. The cooling water flows in and out at *W*. The tube is placed in a metal shield *M* which like the anode and the metal shields of the high tension cables *H* is earthed. The anode container is surrounded by a lead jacket *P*. (After Philips' techn. Rev. *3*, 263 [1938].)

§ 3. *Insulation Problems*

At the beginning of § 2 we mentioned the tensions required for different applications. We shall now discuss the factors controlling the insulation of the tubes. One distinguishes between inner and outer insulation.

The Problem of Insulation Inside the Tube

In the first place high tension requires a very good vacuum. Amongst high vacuum electronic tubes X-ray tubes are an exception, not only because of the high tensions employed, but also because they contain large metal masses under heavy thermic stress in vacuum. We have similar conditions only in large transmitting tubes. This requires an extremely careful degassing of the tube as well as greatest prudence in the choice of constructing material. Considerable progress was achieved by using absorbing substances (getters) not only because they allowed a simplification of the

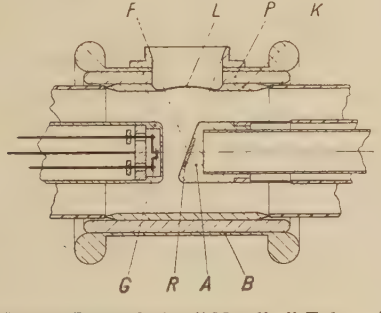
[1] J. E. de Graaf and W. J. Oosterkamp, J. Sci. Instr. XV, 293 (1938); Philips' techn. Rev. *3*, 263 (1938).

[1] A. Müller, Nature *124*, 128 (1929). W. T. Astbury and R. D. Preston, Nature *133*, 460 (1934). Fournier, Gondet and Mathieu, J. de Physique *7*, 160 (1937). J. W. M. DuMond, B. B. Watson and B. Hicks, Rev. Sci. Instr. *6*, 183 (1935).

[2] J. H. v. d. Tuuk, Philips' techn. Rev., to be published shortly

ıbrication process and ensured an excellent vacuum ›r the total life of the tube, but also because they llowed constructions which would hardly have been ossible without them[1]. In this laboratory a special arium-getter was developed for these purposes[2]. To ive you an impression of its effectiveness it may be ıentioned that 80 mg of this substance can completely bsorbe 4 ml of nitrogen, hydrogen or oxygen at tmospheric pressure.

Secondly the emission of electrons caused by strong ectric fields, the so-called cold emission, should be voided as far as possible. These electrons lead to urrents at undesired points of the tube. If for instance ıey strike the glass wall, they can easily destroy the ass and even if they strike metal parts, this is not ways harmless, as they can cause gas eruptions and ad to overheating. To avoid this emission of electrons, ıe tube should firstly be so dimensioned that not too rong electrical fields can be formed. One cannot owever go too far in this direction, as a short distance etween cathode and anode is very advantageous to void ionisation by collision. Secondly the surface of ıe electrodes should be as smooth as possible, because very roughness leads to a local increase in field in-nsity. Thirdly every impurity must be excluded, as ıpurities tend to reduce the energy needed to re-ase electrons and so lead to an increased cold emis-on. Usually for a difference of potential of 1 kV, distance of 0·1 mm between the electrodes is chosen. or a tube for diagnostic purposes operating on a ten-on of 100 kV this gives a distance of 1 cm. Due to the ecial construction of the cathode, field intensities of 00 kV/cm can arise.



g. 4. The Center Part of the "Metalix"-Tube. *A* anode with ngsten disc *R*, *G* filament with focussing device *F*, *K* chrome-iron ntainer with opening for emerging rays *L*. *P* lead jacket for X-ray protection surrounded by aperture collar for holding tube.

For commercial tubes until now glass has been used r the insulating part of the wall. This part must also tisfy several conditions. Field intensities, not only ıe transversal, but also the tangential components, ust not be too high. It is clear that high transversal eld intensities can lead to sparking and high tangen-

[1] A. Bouwers and J. H. v. d. Tuuk, Brit. J. Rod. IX, 431 (1936). H. v. d. Tuuk, Philips' techn. Rev. *4*, 161 (1939).
[2] J. E. de Graaf, N.O.S. 48111.

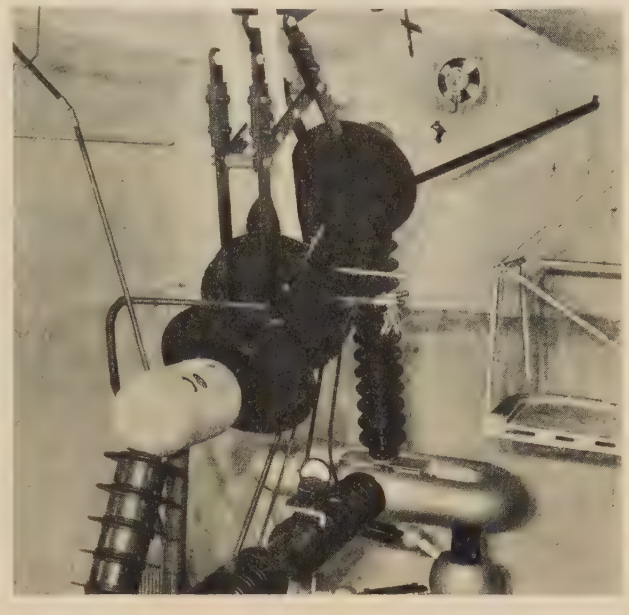


Fig. 5a. X-Ray Tube for Deep Therapy, Operating on a Tension of 1 Million V at the Cancer Institute in Amsterdam (Antoni van Leeuwenhoekhuis). For irradiations, tensions of 825 kV are applied, for measurements up to 1000 kV have been used.

(a) X-ray Tube Support. The center of the tube is earthed and directly suspended from the ceiling. The first and third units are supported by bars of insulating material.

tial intensities, to electric discharges along the inner surface of the glass, and eventually to electrolysis near glass-metal joints, especially if they are at a high temperature. To avoid high field intensities it is necessary to give the electrodes an appropriate form and to arrange them correspondingly. Besides, all influences leading to an irregular distribution of tension must be avoided, such are: charges on the wall caused by secondary electrons originating from the focus or by cold emission and metal deposits, which can come from the cathode as well as from the focus. These difficulties were solved satisfactorily in the "Metalix Tube" of Bouwers[1], fig. 4. Here the most exposed part of the wall is made of metal. The insulating glass-parts are in a considerable distance from the actual discharge chamber[2]. The modern hard glasses with a low alkali-content are much more resistant, so that for not too high tensions, constructions without metal walls can be employed. In some respects this is a simplification.

As soon as the operating tension exeeds 200 kV, it is very difficult to satisfy all the above mentioned conditions in a one stage tube construction, and it is advisible to subdivide the tension. A tube for 1000 kV, subdivided in 6 stages is shown in fig. 5[3].

[1] A. Bouwers, Physica *4*, 173 (1924).
[2] The "Metalix"-Tube was the first tube which was made ray- and shockproof. Two features which today are considered as natural for all tubes.
[3] A. Bouwers and J. H. v. d. Tuuk, Brit. J. Rod. XII, 658 (1939). J. H. v. d. Tuuk, Philips' techn. R. *4*, 161 (1939).

The Problem of Insulation Outside the Tube

To treat all questions on this subject exhaustively would lead to a discussion of almost the entire field of high-tension technics, especially for equipment with

for tubes, operating on extremely high tensions, ex ceptions are often made by placing all parts unde tension in a room separated from the room used fo exposures (fig. 6).

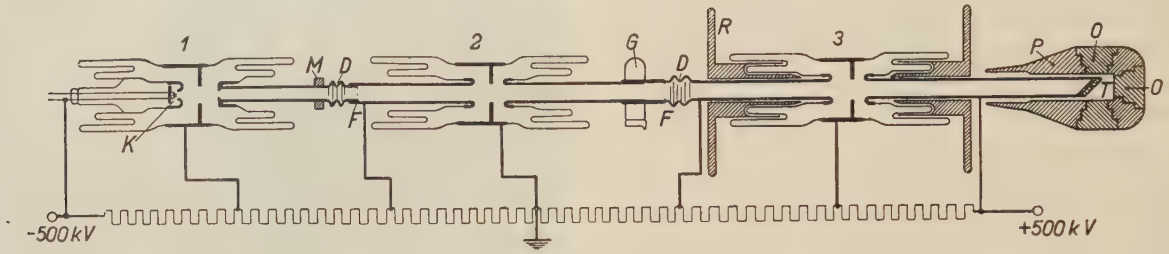


Fig. 5b.

(b) Diagram of the Tube. The three units *1*, *2*, *3* are manufactured separately, evacuated and then put together. At *F* foils for closing tube provisionally. *K* cathode, *T* anode, *M* focussing magnet, *D* flexible connecting parts, *G* metal container with reserve getters, *P* lead jacket for X-ray protection beyond the useful cone of rays emerging from the three apertures. The circular grooves *R* in the doubly folded glass wall of each unit are filled with "Philite" (drawn only in the third unit). The voltage is subdivided in six stages taken from a potentiometer clearly visible at the lower side of fig. 5. (After J. H. v. d. Tuuk, Philips techn. Rev. *4*, 161 [1939]).

tube and high tension generator built in one container. However we shall limit the discussion here to the immediate surroundings of the tube. The insulation problem has changed since the beginning of X-ray tube construction. For practical applications one now demands that each tube should be surrounded by the smallest possible earthed shield, so that all danger of touching parts under high tension is excluded. Only

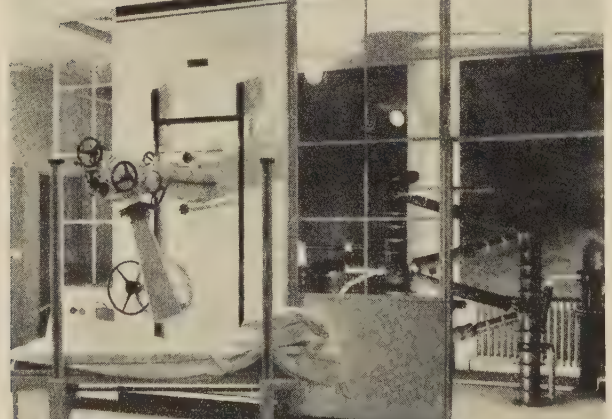


Fig. 6a. Specially constructed Unit for X-Ray Therapy, Operating on a Tension of 400 kV and 10 mA at the University Hospital at Groningen (Holland). The tube contains a 1·8 m long earthed hollow anode, carrying the focus on one end and projecting from the instrument room into the operating room. The tube has two apertures, by shifting and turning the tube as well as by adjusting the apertures, the beam of X-rays can be directed in every direction desired.

(a) Survey of the Installation. On the left hand side one sees the part of the X-ray tube which projects into the operating room. A localising cone is attached to one of the apertures. In the instrument room behind the glass wall, one can see the cascade generator, producing a tension of 400 kV.

By employing solid insulation materials one arrive at the smallest dimensions, as they have the highes disruptive strength and can be used as constructio elements[1]. They have however the disadvantage tha unhomogeneousness and flaws in the material, whic greatly weaken the dielectric strength, are very di ficult to avoid. One also must consider, that throug a single breakdown the insulator becomes entirel useless. Besides, organic insulating materials are ver sensitive to heat and are such poor conductors of hea that transportation of heat through the insulating ma terial should be strictly avoided. These disadvantage can be removed by combining the solid insulator wit other insulating materials, such as oil or air. For thos points under greatest stress the solid insulator i employed, and for cooling at less exposed points, o or air. This allows a simpler construction of the insu lator, which is more easily obtained flawless. Thi principle has been applied to the tube shown in fig. for short distance irradiation.

Of the liquid insulating materials, insulating oil i used exclusively. They do have a lower disruptiv strength, but have the advantage of being homogene ous, if such easily separated impurities as water o dust particles are removed. A single breakdown is n catastrophe and only repeated breakdowns reduce th dielectric strength of the insulator. Convection current allow a considerable exchange of heat without a grea difference in temperature[2]. Certain disadvantages mus however be mentioned. The oil is easily decompose by high field intensities, oxidation and high tempera tures. This can lead to a development of gas, whic reduces the dielectric strength. The heavy decompo sition products on the other hand form a layer, whic

[1] A. Bouwers and W. J. Oosterkamp, Amer. J. Roentg. *41*, 4 (1939).

[2] J. H. v. d. Tuuk, Philips' techn. Rev. *6*, 314 (1941).

very unfavorable for the exchange of heat. Besides, e constructor must also solve the problem of making e container oil-tight and yet leave a possibility for e thermic expansion of the oil. A modern tube with insulation is shown in fig. 8[1].

We therefore like to refer shortly to the so-called betatron, where electrons can be accelerated to velocities equivalent to several million volts without employing high tensions. Energies up to 20 million V have been reported by American workers[1]. The basic prin-

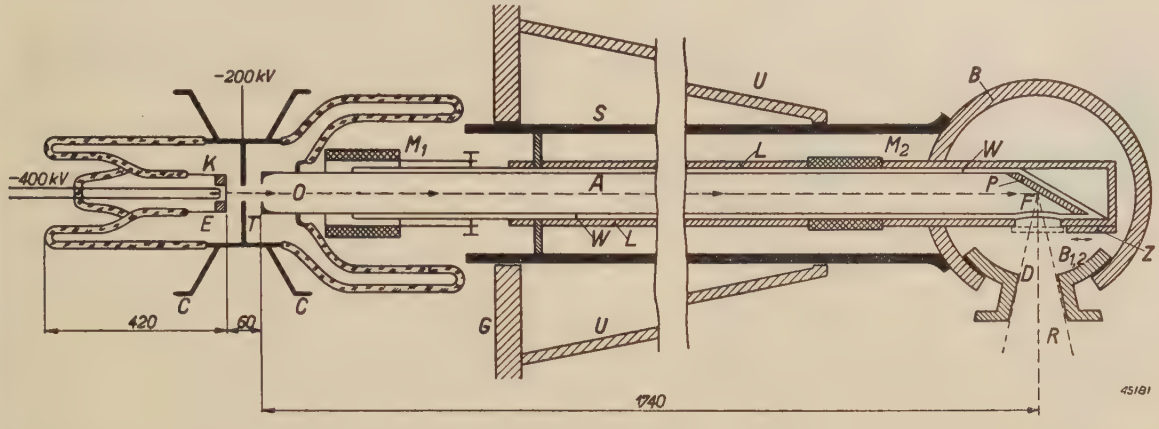


Fig. 6b.

(b) Schematic Diagram of the entire X-Ray Tube. K filament with focussing device E, T container with aperture, O opening of earthed anode tube, M_1 and M_2 magnetic focussing coils, P tungsten disc with focus F, the source of the X-rays R, W cooling tube for running tap water, L layer of lead surrounding anode tube, B lead sphere, $B_{1,2}$ lead caps with apertures D, Z lead shutter for dimming rays, S steel tube carrying the anode tube, C discharge caps. To simplify the diagram, only one aperture is drawn in. (After W. Hondius Boldingh and W. J. Oosterkamp, Philips' techn. Rev., to be published shortly.)

Dry air is still the simplest and cheapest insulation aterial, although the breakdown tension compared solid or liquid insulating materials is rather low and erefore requires larger dimensions. Even though an r insulated tube plus shield weighs more than an oil be, there are many other advantages, such as ensured mogeneity, insensitiveness towards breakdowns and ses in temperature as well as the possi- lity of equalizing local inhomogenei- es of field intensities by sparking. We ould not like to discuss the appli- tion of compressed air and gases of gh dielectric strength such as freon[2], hich are increasingly employed for xtremely high tensions.

As we have seen one cannot talk of general superiority of any particular sulating material. It must be left to ie constructor to choose the most ppropriate insulator in each case.

ciple is easily understood, if one compares the betatron to a normal high tension transformer. There the changing magnetic flux through the iron core induces a tension in every turn and by connecting very many turns in series, one obtains a high tension. Now if it were possible to conduct an electron in vacuum around an iron core without employing actual wire turns, the

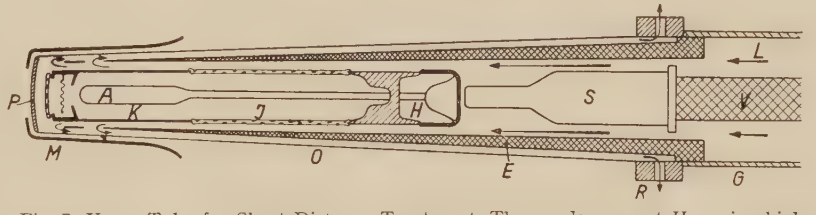


Fig. 7. X-ray Tube for Short Distance Treatment. The anode support H carries high tension and is insulated from the earthed hood O by an ebonite insulator E. A gap is left between the two metal parts and the insulator, through which air L is blown to cool the cathode can K. The heat generated at the anode A is transmitted through radiation to the cathode can K. J connecting glass tube, P cover of weakly absorbing material to protect aperture. V high tension cable, S plug, G rubber tube, R ring with outlets for air, M metal cone to adjust tube on the skin. (After J. H. v. d. Tuuk, Philips' techn. Rev., to be published shortly.)

§ 4. *Final Remarks*

The possibilities in normal X-ray tube constructions re limited much more by the problem of heat dissi- ation than by insulation problems, which usually can e solved satisfactorily in several ways. This is en- rely different for tubes operating on extremely high nsions. The main problem here lies in finding con- ructions capable of withstanding these high tensions.

electron would have an energy equivalent to the previously mentioned high tension without applying this tension at any point. At normal tensions, the output of X-rays is always low. At 2·5 million V however the yield already exceeds 10 per cent[2] and at 20 million V, the greatest part of the energy is emitted as X-rays. Besides the radiation is highly concentrated in the direction of the electron beam which again means a further considerable increase in

[1] J. H. v. d. Tuuk, Philips' tech. Rev. *6*, 314 (1941).
[2] E. E. Charlton, W. F. Westendorp, L. E. Dempster and Haftaling, Radiology *35*, 585 (1940).

[1] D. W. Kerst, Phys. Rev. *61*, 93 (1942).
[2] A. A. Petrouskas, L. C. van Atta and F. E. Myers, Phys. Rev. *63*, 389 (1943).

intensity. Furthermore experience has shown that ionisation in an object irradiated by these hard rays reaches its maximum only at a certain depth from the surface[1]. For deep therapy this means intense radiation

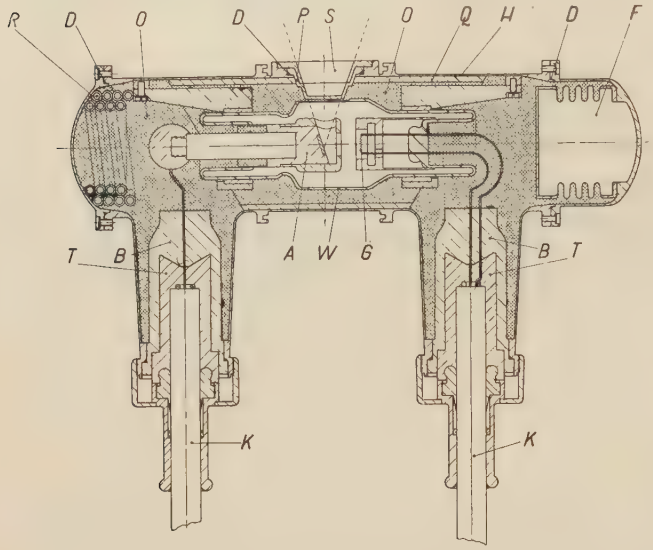


Fig. 8. Oil Insulated Diagnostic Tube. *A* anode, *G* cathode, *W* glass-wall of tube, *H* metal hood with protecting layer of lead *Q*, *S* aperture, *P* "Philite" cone to lessen absorption of oil layer. *O* insulating oil, *D* packings, *R* spiral for cooling with running water (usually unnecessary), *K* high tension cable with male and female plug *T* and *B*, *F* elastic container to compensate expansion of oil. (After J.H.v.d.Tuuk, Philips' techn. Rev. *6*, 314 [1941].)

of deeper lying parts, while the surface remains almost unaffected. The betatron also opens new perspectives for the examination of very large workpieces.

We have now come to the end of our review. It is a long way from the simple tube Roentgen discovered all the properties of the X-rays with, to the modern tubes and the betatron. We hope that this article could convey an idea of the incessant attempts at further development of Roentgen's discovery under consideration of the physical aspects to obtain a more and more useful instrument for research and praxis.

Zusammenfassung

In vorstehender Arbeit wird kurz die Entwicklung der Röntgenröhre geschildert, wobei erwähnt wird, daß die Erzeugung der Röntgenstrahlen nach wie vor auf dem gleichen physikalischen Mechanismus beruht. Als wesentlicher Fortschritt seit der Entdeckung Röntgens ist der Übergang von der Gasentladungsröhre zur Hochvakuumröhre und dadurch die unabhängige Regulierung von Röhrenstrom und Spannung zu bezeichnen. Gleichzeitig damit wurde der Funkeninduktor durch den Transformator ersetzt.

Im wesentlichen wird die Wärmeentwicklung in der Anode und die Isolationsprobleme der Röntgenröhre beschrieben.

Die Ausbeute der Röntgenstrahlen ist eine Funktion der Elektronengeschwindigkeit respektive Anodenspannung und der Atomnummer des Anodenmaterials. Sie beträgt bei 100 kV Anodenspannung und Wolfram als Anodenmaterial *nur* 0,5%; der ganze Rest der Energie wird in der Anode in Wärme umgesetzt.

Betrachtungen dieser Verhältnisse für Moment- und Dauerbelastung.

Die Anwendung des Goetze-Strichfokus und der Drehanode für Momentbelastungen zwecks größerer Belastungsmöglichkeit bei kleinstem optisch wirksamem Brennfleck wird beschrieben. Hierbei genügt allgemein eine schwere Kupferanode mit eingelegter Wolframronde und ein Rippenkühler zur Ableitung der erzeugten Wärme. Anders liegen die Verhältnisse für die Dauerbelastung im Therapiebetriebe, wo mit zusätzlicher Wasser- und Ölkühlung gearbeitet wird.

Die Verhältnisse betreffend Kühlung an Materialuntersuchungsröhren mit deren Forderung von großer, dauernder Belastbarkeit und kleinstem Brennfleck werden beschrieben.

Als erstes Gebot für eine einwandfreie interne Isolation der Röntgenröhre ist das hohe Vakuum zu bezeichnen. Es werden die Fortschritte durch Verwendung eines Getters (Barium-Getter) erwähnt. Der Verhinderung von Kaltemissionen von Elektronen durch besondere Elektrodengestaltung ist besonderes Augenmerk zu schenken. Ebenfalls ist für nicht allzu hohe Feldstärken sowohl an den internen Konstruktionsteilen wie auch an der äußeren Glashülle zu sorgen (Formgebung). Die äußere Isolation, an welche ebenfalls hohe Ansprüche sowohl an die Isolationsfestigkeit als auch an die Wärmeleitung gestellt wird (Berührungsschutz und Kühlung) ist beschrieben.

Als Isolation kommt eine Kombination von festen Isolierkörpern, welche gleichzeitig als Konstruktionsteile dienen, mit Öl oder Luft in Frage.

In der Schlußbemerkung wird auf die Beschleunigung von Elektronen entsprechend Energien von bis zu 20 Millionen V ohne Hochspannungsquelle, durch das sogenannte Betatron, hingewiesen. Durch diese Methode eröffnen sich neue Perspektiven für die Röntgentechnik.

[1] H.W. Koch, D.W. Kerst and P. Morrison, Radiology XI, 120 (1943).

Quelques exemples de l'utilisation des rayons de Rœntgen pour des recherches biologiques ultramicroscopiques

Par A. Lacassagne, Paris

La découverte des rayons X par Rœntgen, il y a 50 ans, a permis d'étendre les moyens de perception de l'homme, bien au delà des limites que son œil semblait devoir lui imposer. A côté de la vision à travers les corps opaques, deux autres applications ont contribué à la connaissance de la constitution ultramicroscopique de la matière: dans le domaine des substances inanimées, l'analyse des structures molé-

gaires par la diffraction des rayons; dans le domaine de la matière vivante, l'appréciation des formations rmentaires correspondant à des fonctions essenlles, par les méthodes statistiques de la radiologie quantique.

Cette dernière technique, fondée sur l'hypothèse ise d'abord par Dessauer de la nature ponctuelle s radiolésions primaires au point d'absorption d'un antum, et imaginée comme moyen d'investigation r Crowther, a été appliquée par Holweck et cassagne à l'étude histophysiologique d'organes icellulaires: bactéries, levures, protozoaires. L'exrience a confirmé la théorie, à savoir que, par le des lois de probabilité, les formations intracellures doivent être intéressées, en proportion du lume qu'elles occupent, par les radiations absorbées. ns ces conditions, si l'on établit le pourcentage des llules chez qui une irradiation à dose donnée a proqué l'apparition d'un type caractéristique de radiion, on peut calculer le volume de la formation racellulaire qui correspond à la fonction altérée, ssi faible soit-il. Ce qui a conduit à constater que rtaines lésions doivent être conditionnées par l'atnte d'une seule macromolécule.

Ce genre d'étude a été poursuivi au cours de ces derres années par les radiobiologistes français, reclus ns leur travail, ignorants des progrès réalisés dans monde libre. Quelques-uns des résultats de ces exriences vont être rapportés ici, à titre d'exemple s possibilités qu'offre «l'ultramicrométrie statisque» par les rayons.

I. La méthode a été mise en application pour valuation des dimensions des *bactériophages*. Elle a rni des résultats qui concordent avec ceux donnés r l'ultrafiltration et l'ultracentrifugation. Elle a rmis de mesurer un certain nombre de ces corpusles dont la taille n'était pas encore connue.

Il fut d'abord remarqué que, contrairement à ce l'on observe dans le cas d'organismes comme les ctéries, levures, protozoaires, cellules animales, c., la radiosensibilité des bactériophages croît en nction de leurs dimensions (Wollman et Lacassagne[1]). Comme, d'autre part, une seule ionisation oduite par des rayons X de longueurs d'onde très fférentes, ou par une particule α, suffit à inactiver bactériophage (Holweck, Luria et Wollman[2]), a été conduit à admettre que la «zone sensible», nt l'atteinte entraîne l'inactivation du phage, doit, moins pour les plus petits d'entre eux: S 13, am. 20 mμ (Holweck); φ X 174, diam. 17 mμ rilley, Bulgakov et Bonét-Maury[3]), coïncider ec cet objet lui-même qui pourrait n'être constitué ue par une seule macromolécule.

Toutefois pour le C 16, dont le diamètre atteint 60 mμ, l'irradiation par rayons X avait donné à Holweck, Luria et Wollman une zone sensible de 30 à 35 mμ seulement. Latarjet et Wahl[1], utilisant les rayons U.V. dont le quantum énergétique est beaucoup plus faible, ont réalisé une analyse plus fine du phénomène. Mesurant le rapport des sensibilités du C 16 et du S 13, ils ont pu confirmer qu'il est inférieur au rapport de leurs volumes. Ce résultat peut être interprété comme l'indice d'une hétérogénéité, en ce qui concerne le plus gros des deux bactériophages tout au moins; conclusion qui serait conforme aux indications fournies par les récentes observations faites au microscope électronique.

II. Des recherches du même ordre ont été réalisées pour l'étude des *ultravirus*. L'irradiation de dilutions connues d'une suspension de cerveau provenant de lapins, inoculés avec du virus vaccinal, au moyen desquelles on faisait ensuite des inoculations intradermiques à des lapins sains, avait permis d'obtenir, ici encore, une statistique d'inactivation en fonction de la dose (Lacassagne et Nyka[2]). Partant de ces résultats, Holweck[3] avait calculé la «zone sensible» du virus. La méthode a été largement développée par Bonét-Maury[4] (qui s'est servi, de préférence, des rayons α pour mesurer les dimensions de diverses espèces d'ultravirus.

On a pu, aussi, se rendre compte des différences de constitution entre deux éléments. L'expérience a consisté à comparer l'action de deux radiations (α et rayons X de 0,95 Å) sur deux virus: un gros, celui de la vaccine, et un petit, celui de la fièvre aphteuse. Elle a conduit Bonét-Maury et Frilley[5] à reconnaître à la vaccine une structure hétérogène par comparaison avec le virus aphteux, lequel se comporte comme s'il était constitué par une macromolécule homogène.

III. On sait qu'une différence considérable de radiosensibilité sépare les virus des bactéries. Alors que l'arrêt de multiplication de ces dernières s'obtient avec des doses de l'ordre de quelques milliers de r, on ne parvient à inactiver les virus que par des doses se comptant par centaines de mille et même par millions de r. S'appuyant sur ce fait, Lacassagne et Giroud[6] ont donné comme argument la grande radiosensibilité qu'ils ont reconnue aux *rickettsies du typhus exanthématique*, pour rapprocher ces objets plutôt des microbes que des virus.

Chez des êtres organisés, *bacilles*, *levures*, l'arrêt de la multiplication est conditionné par l'atteinte d'une «zone sensible» particulière. Or, en irradiant dans

[1] Wollman et Lacassagne, Ann. Inst. Pasteur, t. 64, p. 5 (1940).
[2] Holweck, Luria et Wollman, C.R. Acad. Sci., t. 210. 639 (1940).
[3] Frilley, Bulgakov et Bonét-Maury, C.R. Soc. Biol., t. 138, 726 (1944).

[1] Latarjet et Wahl, Ann. Inst. Pasteur, t. 71, p. 336 (1945).
[2] Lacassagne et Nyka, C.R. Soc. Biol., t. 128, p. 1038 (1938).
[3] Holweck, C.R. Acad. Sci., t. 207, p. 380 (1938).
[4] Bonét-Maury, Les ultravirus des maladies animales, p. 165 à 215 (1943).
[5] Bonét-Maury et Frilley, Soc. franç. de microbiol. (mai 1945).
[6] Lacassagne et Giroud, C.R. Soc. Biol., t. 135, p. 1547 (1941).

les mêmes conditions, d'une part un bacille paradysentérique, d'autre part une levure de vin, Latarjet[1] a obtenu des résultats statistiques permettant d'admettre l'existence, dans l'une et l'autre de ces cellules, d'une formation analogue, probablement de nature nucléoprotéique, de volume à peu près égal dans les deux cas (environ 60 mμ), et dont l'atteinte par le rayonnement empêche la multiplication cellulaire. Enfin, l'expérience montre que la radiolésion se produit, à la suite de l'absorption, dans cette zone sensible, d'une quantité déterminée d'énergie (environ 30 eV dans le cas du bacille, et 60 dans le cas de la levure). Cette énergie peut être fournie indifféremment par des rayons de Rœntgen ou des ultraviolets. Naturellement, dans ce dernier cas, le nombre des quanta absorbés devra être plus grand que le nombre des ionisations résultant de l'irradiation X (6 photons de 5 eV, dans le cas du bacille paradysentérique; 10 dans celui de la levure).

[1] Latarjet, Ann. Inst. Pasteur, t. 69, p. 205 (1943), et t. 70, p. 277 (1944).

*

Ces exemples, auxquels il conviendrait d'ajouter les expériences qui, pendant le même laps de temps, ont dû être effectuées dans d'autres pays, suffisent à faire saisir le précieux moyen d'analyse biologique fourni par les rayons de Rœntgen, pour la connaissance des formations vivantes élémentaires.

Summary

The principle of the statistical method of radiolesions as a means of the ultramicrometric study of elementary living formations is briefly described. Certain results obtained in recent years by means of this method in respect of bacteriophages, virus, and cellular parts of bacilli and yeasts are reported.

Über den gegenwärtigen Stand des Hauptproblems der Strahlenbiologie

(Modellversuche zum Primäreffekt der biologischen Strahlenwirkung I)

Von W. Minder und A. Liechti, Bern

1. *Einleitung und Allgemeines*

Die Aufklärung der genauern Einzelheiten des Wirkungsmechanismus von Strahlungen auf biologische Objekte steht gegenwärtig stark im Blickfeld des wissenschaftlichen Interesses. Mehrere und verschiedenartige Ursachen sind für dieses Interesse von Bedeutung. Zunächst macht sich in den Naturwissenschaften ganz allgemein seit längerer Zeit die unverkennbare Tendenz geltend, die große Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen der objektiven Natur nach einheitlichen Kategorien zu ordnen. Wohl die bedeutendste und für die Methode der Forschungsarbeit wichtigste dieser Kategorien ist diejenige der immanenten Eigenschaften der Atome und deren gegenseitigen Wechselwirkungen. Der wesentlichste Teil der heutigen Forschungsarbeit an einem naturwissenschaftlichen Forschungsobjekt besteht darin, eine oder mehrere Erscheinungsformen — Phänomene — dieses Objektes auf dessen atomaren Bau und dessen atomare Zusammensetzung zu «reduzieren».

Dieses Ziel beherrscht gegenwärtig nicht nur die exakten Naturwissenschaften, sondern es wird immer deutlicher, wenn auch oftmals unbewußt, auch der Leitgedanke der biologischen Forschung. Längst ist die *Biochemie* eine Disziplin geworden, und die *Biophysik* hat schon begonnen, ihre selbständigen Probleme abzuklären und ihre eigenen exakten Methoden zu entwickeln. Diese Forschungsrichtungen streben beide nach der «Aufklärung» der Erscheinungen ihres Objektes auf Grund seiner atomaren bzw. molekularen Struktur und Zusammensetzung.

Die Arbeit an strahlenbiologischen Problemen gestattet nun in besonders eindringlicher Weise die Anwendung exakter Methoden und Eingriffe auf biologische Objekte und die Abstraktion der dabei auftretenden Erscheinungen nach den derzeit geltenden Kategorien. Ohne dieses Vorgehen wäre ein tieferes Verständnis der strahlenbiologischen Reaktionen überhaupt unmöglich, da ja die primäre Wechselwirkung zwischen Strahlung und Objekt in allen Fällen ein atomarer oder molekularer Vorgang ist. Die Strahlenbiologie scheint somit in höchstem Maße dazu berufen, an den Problemen, die sich mit dem Begriff des «Lebens» verbinden, nach den heute geltenden Gesichtspunkten zu arbeiten.

Und schließlich hat die Untersuchung der Wirkung von Strahlen auf lebende Objekte auch ein eminentes praktisches Interesse. Die erfolgreiche Anwendung von Strahlen in der Therapie muß neben der exakten Dosierung in hohem Maße von der genaueren Kenntnis ihres Wirkungsmechanismus gefördert werden.

2. *Der physikalische Primärvorgang*

Von einer Strahlenwirkung kann nur dort die Rede sein, wo die Strahlung mit der Materie in Wechselwirkung tritt. Aus dieser Wechselwirkung läßt sich

über quantitativ voraussagen, welcher Energiebetrag der Strahlung für die Induzierung der Strahlenwirkung maximal umgesetzt wird. Es ist das derjenige Strahlenanteil, der im bestrahlten Objekt zurückgehalten worden ist (Gesetz von Grotthus-Draper). Dabei ist es zunächst völlig gleichgültig, auf welche Art die Strahlenschwächung im Objekt im einzelnen erfolgt. Die Strahlenschwächung ist Ursache und Ausgangspunkt jeder Strahlenwirkung, also auch der biologischen.

Der Schwächungsvorgang findet in kleinsten Bezirken statt, innerhalb von Atomen oder kleinen Atomgruppen. Er ist in weiten Grenzen unabhängig von äußern Faktoren. Es ergibt sich für den *physikalischen Primärvorgang* der biologischen Strahlenwirkung für das als Licht bezeichnete Spektrum (inkl. Infrarot und Ultraviolett) eine Atom- oder Molekularanregung. Für Röntgen- und Gammastrahlen wird etwa die Hälfte der Energie zur Ionisation des bestrahlten Objektes verbraucht, die andere Hälfte wird ebenfalls in Anregungen umgewandelt. Dieses Verhältnis folgt aus der Tatsache, daß die Ionisationsspannungen der biologisch wichtigen Elemente durchwegs etwa 16 V betragen, die aus der Röntgenstrahlenenergie berechneten Energien aber etwa 32,5 eV pro Ionenpaar ergeben.

Es entspricht deshalb zunächst nur bedingt den wirklichen Verhältnissen, wenn zur Messung der Strahlen nur der eine dieser Vorgänge, die Ionisation verwendet wird. Diese Meßmethode bedeutet einen Kompromiß und folgt aus einer Überlegung von R. Glocker[1], nach der für die biologische Strahlenwirkung insbesondere die Ionisation verantwortlich zu machen ist. Die Übertragung der Luftionisation auf andere Substanzen in nicht gasförmiger Phase und die gleichzeitige Annahme, daß die Wirkung in festen oder flüssigen Objekten von der Zahl der gebildeten Ionen abhängig sei, und demnach die Luftionisation ein Maß für diese Wirkung darstelle, setzt voraus, daß die Zahl der gebildeten Ionen in der Masseeinheit Luft die gleiche ist, wie in der Masseeinheit der «luftäquivalenten» Substanz. Eine direkte Messung dieser Voraussetzung ist bis heute nicht gelungen. Versuche von P. Curie[2], G. Jaffé[3] und E. Stahel[4] an Hexan, flüssigem Paraffin und Petroläther und von R. Reiter[5] an Wasser sowie diejenigen von H. Becquerel[6] und A. Becker[7] an festem Paraffin haben gezeigt, daß auch in festen und flüssigen Dielektrika durch ionisierende Strahlen freie Ionen gebildet werden. Sättigung konnte aber bisher in keinem Fall erreicht werden, und die Messungen ergaben für die Anzahl der freien Ionen bedeutend geringere Werte als in Luft.

Demgegenüber haben aber die Versuche von W. Duane und O. Scheuer[1] mit α-Strahlen und P. Günther und L. Holzapfel[2,3] mit Röntgenstrahlen gezeigt, daß die Zersetzung des Wassermoleküls in flüssiger und gasförmiger Phase mit derselben Ionenausbeute erfolgt. Ferner fand S. C. Lind[4], daß die chemische Wirkung von ionisierenden Strahlen sehr weitgehend von der Strahlenart unabhängig und nur von der Ionenzahl bestimmt war. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, wenn auch heute noch nicht direkt bewiesen, daß die durch kurzwellige Strahlungen gebildete Ionenzahl in luftäquivalenten Stoffen pro Masseeinheit vom Aggregatzustand unabhängig ist. Daraus folgt einerseits die Berechtigung der Messung dieser Strahlen auf Grund der Luftionisation und andererseits die Annahme ihrer Wirkung auf Grund der gebildeten Ionenzahl. Die Übertragung der Luftionisation auf andere Stoffe ist aber, wie die Messungen von R. D. Kleemann[5] gezeigt haben, nur mit einem entsprechenden Korrekturfaktor möglich. Dieser kann für komplizierter gebaute Substanzen mehrere Prozente betragen.

3. *Die Möglichkeiten der biologischen Strahlenwirkung*

Von den an sich gegebenen Möglichkeiten der biologischen Strahlenwirkung sind in der letzten Zeit noch deren zwei zur Diskussion und Entscheidung übriggeblieben. Beide Anschauungen basieren auf den quantenhaften Erscheinungen der Strahlenschwächung und nehmen den einzelnen Schwächungsakt zum Ausgangspunkt der weitern Betrachtung. Dabei hat die eine dieser Anschauungen heute schon einen sehr weitgehenden Ausbau erfahren, so daß man mit vollem Recht von der sogenannten «*Trefftheorie*» der biologischen Strahlenwirkung sprechen darf. Demgegenüber sind die Überlegungen auf Grund einer photo- oder *radiochemischen Wirkung* der Strahlungen auf biologische Objekte gegenwärtig noch nicht sehr weit gediehen.

a) *Die Trefftheorie der biologischen Strahlenwirkung*

Aus dem charakteristischen Verlauf biologischer Strahlenreaktionen einerseits und aus der Tatsache der primär quantenhaften Strahlenschwächung andererseits kann gefolgert werden, daß die biologische Strahlenwirkung ein Vorgang ist, der durch Gesetze der Wahrscheinlichkeit beherrscht wird. Die einzelnen

[1] R. Glocker, Z. Phys. *46*, 764 (1928).
[2] P. Curie, C.R. Acad. Sci. *134*, 420 (1902).
[3] G. Jaffé, Ann. Phys. *25*, 257 (1908).
[4] E. Stahel, Impr. med. et scientifique, Bruxelles (1929).
[5] R. Reiter, Fortschr. Rö. Str. *62*, 122 (1940).
[6] H. Becquerel, C.R. Acad. Sci. *136*, 1173 (1903).
[7] A. Becker, Ann. Phys. *12*, 124 (1903).

[1] W. Duane und O. Scheuer, Le Radium *10*, 33 (1913).
[2] P. Günther und L. Holzapfel, Z. phys. Chem. B. *44*, 374 (1939).
[3] P. Günther und L. Holzapfel, Z. phys. Chem. B. *42*, 346 (1939).
[4] S. C. Lind, The chemical effects of Alpha particles and electrons, 2nd edition, New York (1938).
[5] R. D. Kleemann, Proc. Roy. Soc. A. *79*, 220 (1907).

Schwächungsakte finden mit einem bestimmten Energieumsatz an bestimmten geometrischen Orten des biologischen Objektes zu bestimmten Zeitpunkten statt. Die Strahlenschwächung ist ein *diskontinuierliches* Phänomen, und damit liegt der Gedanke sehr nahe, daß auch die Folgereaktion, die Strahlenwirkung diskontinuierlich erfolgt. Unter dieser Voraussetzung muß für die Wirkung eine Wirkungswahrscheinlichkeit α angenommen werden, die sich aus dem Verhältnis der Zahl der wirksamen Schwächungsereignisse zur Anzahl der auftretenden Ereignisse ergibt. Die Veränderung der Zahl der als nicht verändert anzusehenden biologischen Einheiten N, gleichgültig welcher Art diese Einheiten zunächst sind, muß mit steigender Zahl der Schwächungsereignisse, also mit steigender Dosis D, dem Produkt aus der Wirkungswahrscheinlichkeit α und der Zahl der unveränderten Einheiten N entsprechen:

$$\frac{dN}{dD} = -\alpha N.$$

Daraus berechnet sich der Prozentsatz der umgewandelten Einheiten, der «Schädigungsverlauf», zu:

$$S = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\alpha D}.$$

Sind zur feststellbaren Strahlenreaktion nicht nur 1, sondern 2, 3, ... n Schwächungsereignisse notwendig, so wird dadurch die Gleichung erweitert zu:

$$S = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\alpha D} \sum_{0}^{n-1} \frac{(\alpha D)^k}{k!}.$$

Diese von M. Blau und K. Altenburger[1], J. A. Crowther[2] und andern begründete «Treffertheorie» der biologischen Strahlenwirkung setzt nun voraus, daß die Umwandlung biologischer Einheiten tatsächlich in der oben angegebenen Weise verläuft. In der biologischen Einheit finden eine Anzahl Schwächungsereignisse, Absorptionen, Streuungen, Anregungen, Ionisationen statt, und diese führen mit einer bestimmten und aus dem gefundenen Verlauf meßbaren Wahrscheinlichkeit α zur beobachteten Strahlenwirkung. Aus der Art des «Treffereignisses», aus der Trefferwahrscheinlichkeit und aus der zu einer bestimmten Wirkung (z. B. 50% = Halbwertsdosis) notwendigen Anzahl Schwächungsakte (Dosis) läßt sich das «formale Treffervolumen» berechnen, innerhalb dem ein, oder bei Mehrtreffervorgängen n Treffereignisse erfolgen müssen, damit für diese biologische Einheit (z. B. Zelle) die beobachtete Veränderung eintritt. Solche Volumina sind sehr klein. Sie umfassen etwa 10^3 bis 10^6 Atome. Sie haben somit die Größe von biologisch wichtigen Molekülen, Eiweißmolekülen, Nukleinsäuren, hochpolymeren Kohlenwasserstoffen. Dabei muß es heute als sicher gelten, daß besonders durch ionisierende Strahlen derartige Substanzen tatsächlich verändert werden. So ist es The Svedberg und S. Brohult[1] gelungen, die Eiweißmoleküle Hämozyanin von *Helix pomatia* sowie Hämoglobin und Serumalbumin durch α-Strahlen in kleinere Einheiten zu spalten, wobei bei der erstern Substanz Bruchstücke mit genau definiertem Molekulargewicht gebildet wurden. Neuerdings konnte hier F. Wegmüller[2] zeigen, daß auch das Molekül der Thymonukleinsäure durch Röntgenstrahlen in bedeutend kleinere Einheiten zerlegt wird.

Eine besondere Stütze erhält die Treffertheorie aber durch die Untersuchungen, bei denen das aus der Dosiswirkungskurve berechnete formale Treffervolumen mit der auf andere Weise bestimmten Größe der biologischen Einheit übereinstimmt. Tabelle 1 gibt die bis jetzt bekannten Ergebnisse nach E. Wollmann und A. Lacassagne[3] und P. Bonet-Maury[4] an Viren und Phagen wieder.

Tabelle 1

Vergleich der formalen Treffervolumina mit den auf andere Weise ermittelten Größen biologischer Einheiten

Art	Form. Tr. Bereich	Größe	Strahlung
Ph. Dysenterie S 13	16 mμ	10–20 mμ	Rö
Ph. Coli 36 ...	25 »	20–30 »	Rö
Ph. Dysenterie C 16	32 »	50–75 »	Rö
Ph. Subtilis ...	31 »	80–120 »	Rö
Vacc. Virus ...	24 »	29/23 »	α

Bei einigen dieser Einheiten ist die Übereinstimmung vorzüglich. Die Inaktivierung durch Strahlen scheint z. T. sogar eine genauere Größebestimmung zu erlauben, als die Ultrafiltration oder Ultrazentrifugierung.

Hier müssen aber schon einige, wie uns scheint, ernsthafte Einwände gegen die Verallgemeinerung der vorstehenden Übereinstimmung im Sinne der Treffertheorie vorgebracht werden. Zunächst ein rein mathematischer: Bekanntlich ergibt sich eine einfache Exponentialfunktion aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung direkt unter der Annahme, daß die Wirkungswahrscheinlichkeit ω_s durch das Dosiselement δ diesem proportional sei, wenn δ gegen 0 strebt. Es ist dann $\omega_s = \alpha\delta$ eine *Konstante*, die für alle Elemente *gleich* sein muß und von der Vorgeschichte des Elementes *völlig unabhängig* ist. Eine solche Annahme kann streng genommen höchstens für Atome oder kleinste Moleküle, keinesfalls aber für Riesenmoleküle oder gar biologische Einheiten ge-

[1] M. Blau und K. Altenburger, Z. Phys. *12*, 315 (1922).
[2] I. A. Crowther, Proc. Roy. Soc. B. *100*, 390 (1926).

[1] The Svedberg und S. Brohult, Nature *143*, 938 (1939).
[2] F. Wegmüller, Diss. phil. II, Bern (1942).
[3] E. Wollmann und A. Lacassagne, Ann. Inst. Pasteur *64*, 5 (1940).
[4] P. Bonet-Maury, J. Chim. Phys. *39*, 116 (1942).

macht werden. Zwei einzellige Lebewesen oder zwei Zellen im Zellverband, ja selbst zwei Eiweißmoleküle sind sicher nicht identisch, so daß von einer Konstanz und Gleichheit und Unabhängigkeit von der Vorgeschichte der Einheit für den Wert ω_s im konkreten Fall kaum die Rede sein kann.

Einen weitern, bedeutungsvollen Einwand liefern gerade die Versuche, die die Hauptstütze der Trefftheorie bedeuten, nämlich die oben angeführten Arbeiten von E. Wollmann und A. Lacassagne[1] sowie die Resultate der Mutationsversuche an *Drosophila melanogaster* von K. G. Zimmer und N. Timoféeff-Ressovsky[2] mit Strahlungen verschiedener Wellenlänge. Die Resultate der ersteren Versuche geben höchstens für die Phagen Dysenterie C 16 und Subtilis einen einfachen exponentiellen Verlauf, wobei allerdings die ausgeführten Messungen keine Punkte in unmittelbarer Nähe der Schädigung 0 umfassen, während für die übrigen Phagen, Coli 36 und Dysenterie S 13, aus den Versuchsergebnissen nicht ohne weiteres eine Eintrefferkurve abgeleitet werden darf. Im Gegenteil scheint hier ein Mehrtrefferverlauf den tatsächlichen Meßpunkten bedeutend besser zu entsprechen. Aber gerade für die beiden Objekte, bei denen ein einfacher exponentieller Verlauf noch wahrscheinlich ist, ist die Übereinstimmung zwischen «statistischer» und direkter Größemessung relativ schlecht.

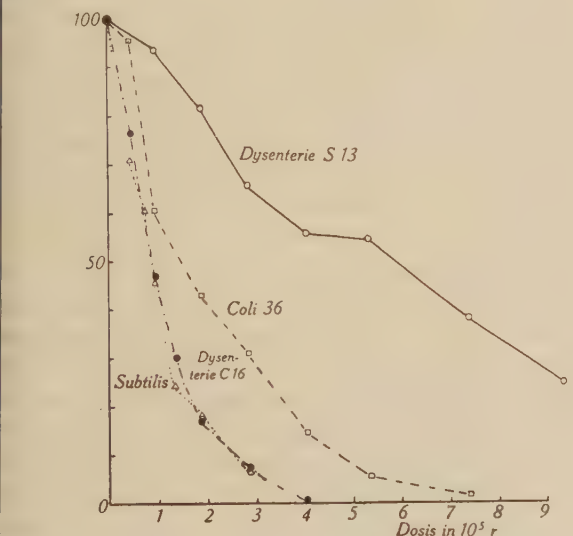


Abb. 1. Schädigungskurven verschiedener Bakteriophagen durch Röntgenstrahlen, nach E. Wollmann und A. Lacassagne[1].

Für die Strahlenmutationen mit *Drosophila melanogaster* konnte die Mutationsrate bis zu 16% getrieben werden. Bei den dazu notwendigen Dosen von 6000 r ist aber der weitaus größte Teil der bestrahlten Individuen tot und fällt für die Bildung des Prozentsatzes und die weitere Betrachtung somit aus. Die Zusammenstellung der Resultate zeigt, daß es nicht berechtigt ist, aus dem Verlauf der Zunahme der Mutationsrate mit der Strahlendosis mit Sicherheit auf einen exponentiellen Verlauf zu schließen. Die bis jetzt vorliegenden Versuchsresultate lassen sich

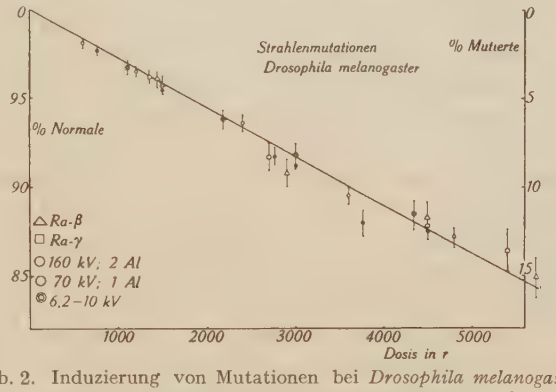


Abb. 2. Induzierung von Mutationen bei *Drosophila melanogaster* nach K. G. Zimmer und N. Timoféeff-Ressovsky[1].

mit ebenso großer Berechtigung als linearer Verlauf deuten. Abb. 1 und Abb. 2 zeigen die Resultate einerseits für die Versuche E. Wollmanns und A. Lacassagnes[2] und andererseits für die Arbeiten von K. G. Zimmer und N. Timoféeff-Ressovsky[1].

Ferner wäre es sehr wünschenswert, wenn der als Treffereignis wirkende Vorgang allgemein und einheitlich definiert würde. Es muß, bevor aus den Diskussionen der Trefftheorie weitere allgemeine Schlußfolgerungen gezogen werden, entschieden sein, ob der Treffer eine Anregung, ein Elektronendurchgang, eine Ionisation oder aber ein Ionenhäufchen ist. Daß die Schädigungsverläufe auch durch ganz andere mathematische Funktionen wiedergegeben werden können, haben wir[3,4] schon früher gezeigt.

Schließlich werden durch die Trefftheorie einige wichtige Erscheinungen der Strahlenbiologie, wie mehrphasiger Verlauf der Reaktion, wie er von A. G. Forssberg[5] am Sporangienträger von *Phycomyces Blakesleeanus* und von uns an Wurzelkeimlingen von *Vicia faba* beobachtet wurde, sowie besonders die Intensitätsabhängigkeit (Zeitfaktor) der Wirkung (bei gleicher Strahlenmenge) überhaupt nicht berücksichtigt. Es dürfte deshalb, trotz dem weitgehenden Ausbau, auch heute noch eine offene Frage sein, wie weit der Trefftheorie der biologischen Strahlenwirkung nur formale Bedeutung zukommt, bzw. wie groß ihr Wirklichkeitsgehalt ist.

Bedeutende Versuche sind unternommen worden, um diese grundsätzliche Frage auf indirektem Wege

[1] E. Wollmann und A. Lacassagne, Ann. Inst. Pasteur *64*, 5 (1940).

[2] K. G. Zimmer und N. Timoféeff-Ressovsky, Z. indukt. Abst.- u. Vererb.-Lehre *80*, 353 (1942).

[1] K. G. Zimmer und N. Timoféeff-Ressovsky, Z. indukt. Abst.- u. Vererb.-Lehre *80*, 353 (1942).

[2] E. Wollmann und A. Lacassagne, Ann. Inst. Pasteur *64*, 5 (1940).

[3] A. Liechti und W. Minder, Radiol. Clin. *10*, 104 (1941).

[4] W. Minder, Strahlenther. *68*, 30 (1940).

[5] Arne G. Forssberg, Acta Radiol. Suppl. 49 (1943).

zu entscheiden. Alle diese Arbeiten basieren auf der Überlegung, daß bei gegebener Trefferzahl (z. B. $n = 1$) bei sehr hoher Trefferdichte, etwa Ionisationsdichte, eine Sättigung eintreten muß. Ist nämlich im formalen Treffervolumen beispielsweise eine Ionisation zum Effekt notwendig, so müßten, wenn dort mehr als eine Ionisation gebildet würde, die übrigen für die Wirkung verlorengehen. Bei sehr langwelligen Röntgenstrahlen oder noch besser bei Korpuskularstrahlen müßte dann, auf die Zahl der Ionisationen berechnet, eine kleinere Wirkung eintreten. Tatsächlich haben N. Timoféeff-Ressovsky und K. G. Zimmer[1] mit Neutronen eine bedeutend geringere Mutationsrate gefunden, als mit Röntgen-, β- und γ-Strahlen. Demgegenüber hat E. C. Horn[2] bei Bestrahlung von *Amblystomalarven* mit Neutronen einen 13—14mal größern Effekt gefunden, als mit Röntgenstrahlen. Diese Diskrepanz dürfte wohl mit der Schwierigkeit der r-Messung der Neutronenstrahlen erklärt werden.

Die viel leichter meßbaren α-Strahlen wurden von E. Wollmann, F. Holweck und S. Luria[3] zur Inaktivierung von Bakteriophagen Dysenterie C 16 verwendet, wobei sich tatsächlich eine sehr wesentlich kleinere Wirkung ergab, als für Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge. Genau das entgegengesetzte Resultat, auch in quantitativer Hinsicht, fanden D. E. Lea, R. B. Haines und C. A. Coulson[4] bei der Abtötung von Sporen von *B. mesentericus*. Für Röntgenstrahlen großer Wellenlänge (Fluoreszenzstrahlung von Al) ist diese Frage ganz kürzlich eingehend von V. Hardung[5] an *B. coli* untersucht worden, wobei nicht nur keine Sättigung, sondern eine vermehrte Wirkung der langwelligen Strahlung festgestellt wurde. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang auch der Versuch von K. G. Brattain[6], der für die Zersetzung von Jodwasserstoff mit α-Strahlen genau dieselbe Ionenausbeute erhielt wie P. Günther und G. Leichter[7] mit Röntgenstrahlen. Es muß somit auch das Problem des Sättigungseffektes heute noch als absolut offen angesehen werden.

b) *Die Strahlenwirkung als photochemischer Vorgang*

Für eine photochemische Betrachtungsweise der strahlenbiologischen Wirkungen kommen solche Vorgänge in Frage, bei denen die Strahlenenergie in Form einer Anregung oder Ionisation an der Reaktion direkt beteiligt ist. Es sind das Reaktionen, die eine Ionen- bzw. Quantenausbeute von der Größenordnung 1 ergeben. Zur Abtrennung der photochemischen Reaktionen im engern Sinne (vgl. z. B. J. Plotnikow[1]) hat S. C. Lind[2] die Reaktionen unter dem Einfluß von ionisierenden Strahlungen als «radiochemische» Reaktionen bezeichnet.

Im biologischen Objekt kann die Strahlung einerseits den Ablauf «natürlicher» Reaktionsketten verändern, andrerseits aber auch sonst nicht vorkommende Reaktionen induzieren. Dadurch wird der Strahleneinfluß in hohem Maße zu einem unspezifischen Vorgang. Er muß nicht notwendigerweise eine «Schädigung» des biologischen Objektes bewirken, sondern er greift vorwiegend in das «natürliche» Reaktionsgeschehen ein. Mit dieser Überlegung stehen die empirischen Befunde im Einklang. Es sind bisher wohl überhaupt keine Strahlenveränderungen, morphologischer oder physiologischer Art, beobachtet worden, die nicht auch durch andere Einflüsse, wie Temperatur, Druck, Chemismus, hervorgerufen werden könnten, oder gelegentlich aus bisher wohl unbekannten Gründen spontan eintreten.

Die theoretische Betrachtung der Strahlenwirkung als photochemischer Vorgang ist bisher nicht über die Anfänge hinausgekommen. Es liegt das vor allen Dingen an den außerordentlich zahlreichen und verwickelten Möglichkeiten. Die an sich relativ einfache photochemische Reaktion bildet ja nur den Anfang eines äußerst mannigfaltigen Systems von Reaktionsketten, von dem die der Beobachtung unterliegende Erscheinung, die gemessene Strahlenreaktion, ein mehr oder weniger willkürlich herausgegriffenes Glied bedeutet. Es ist bisher in keinem Falle möglich gewesen, den *biologischen Primärvorgang*, d. h. die erste im biologischen Objekt auf die quantenhafte Strahlenschwächung direkt folgende Reaktion mit Sicherheit festzuhalten.

Die theoretischen Ansätze von R. Sievert[3], die von I. Th. van der Werff[4] bedeutend erweitert worden sind, betrachten das biologische Objekt im «normalen Zustand» als ein kompliziertes System von vielen Stoffen und Prozessen, die sich alle miteinander in einem dynamischen Gleichgewicht befinden. Durch die Bestrahlung wird besonders ein Glied dieses Gleichgewichtes verändert, und die Betrachtung des Abbaues und Wiederaufbaues dieses Reaktionsgliedes führt zu Funktionalgleichungen, deren Lösungen eine bemerkenswert gute Übereinstimmung mit empirischen Befunden an verschiedenen Objekten zeigen. Besonders interessant erscheint der mehrphasige zeitliche Verlauf der Funktionale sowie die Abhängigkeit ihres Ausmaßes von der Strahlenintensität (bei konstanter Strahlenmenge). Für viele biologische Ob-

[1] N. Timoféeff-Ressovsky und K. G. Zimmer, Naturwiss. *26*, 326 (1938).
[2] E. C. Horn, J. Morphol. *70*, 185 (1942).
[3] E. Wollmann, F. Holweck und S. Luria, Nature *145*, 935 (1940).
[4] D. E. Lea, R. B. Haines und C. A. Coulson, Proc. Roy. Soc. *120*, 47 (1936).
[5] V. Hardung, Helv. phys. acta *18*, 45 (1945).
[6] K. G. Brattain, J. phys. Chem. *42*, 617 (1938).
[7] P. Günther und G. Leichter, Z. phys. Chem. B. *34*, 443 (1936).

[1] J. Plotnikow, Photochemie, Leipzig (1928).
[2] S. C. Lind, The chemical effects of Alpha particles and electrons, 2nd edition, New York (1938).
[3] R. Sievert, Acta radiol. *22*, 237 (1941).
[4] I. Th. van der Werff, Acta radiol. *23*, 603 (1942).

jekte konnte ein derartiger mehrphasiger Verlauf der beobachteten Strahlenreaktion tatsächlich festgestellt werden, und die Intensitätsabhängigkeit der Strahlenreaktion (Zeitfaktor) ist bekanntlich eine der wichtigsten Beobachtungstatsachen.

Trotzdem müßte eine theoretische Betrachtung der biologischen Strahlenwirkung ihren Ausgang bei dem als gesichert geltenden physikalischen Primärvorgang, beim quantenhaften Schwächungsakt nehmen, und sie müßte gestatten, den biologischen Primärvorgang, die erste Folgereaktion zu deduzieren. Die Strahlenschwächung erfolgt an Atomen bzw. Molekülen des biologischen Objektes nach Maßgabe ihrer Häufigkeit. Ohne Zweifel ist das Wasser der Menge nach die weitaus wichtigste biologische Substanz. Ob es sich in freier Form im Objekt vorfindet, oder aber in mehr oder weniger hohem Maße an große Moleküle oder Kolloide Teilchen gebunden ist, spielt für die Strahlenschwächung im kurzwelligen Gebiet keine Rolle. Seine Gegenwart kann aber für das Ausmaß der Strahlenreaktion, wie aus zahlreichen und verschiedenartigen Versuchen hervorgeht, entscheidend sein. So konnte G. Schwarz[1] zeigen, daß bei Druckanämisierung für die Bildung des Hauterythems und der Epilation durch Röntgen- und Radiumstrahlen sehr viel größere Dosen notwendig sind als bei gewöhnlichen Verhältnissen. Versuche an Tumorexplantaten in vitro ergaben nach G. Failla[2] bei schlechter zirkulatorischer Versorgung eine sehr bedeutend erhöhte Strahlenresistenz der Explantate. Zu ähnlichen Resultaten gelangten E. Wertz[3] und O. Jüngling[4] bei Versuchen an Samen von Gerste bzw. *Vicia faba*, bei denen die Strahlenempfindlichkeit im gequollenen Zustand bis auf gut den zehnfachen Wert der trockenen Samen anstieg.

Untersuchungen an Modellsubstanzen weisen nach derselben Richtung. Sie gestatten aber darüber hinaus einen genauern Einblick in den Reaktionsmechanismus. Die bisher wohl am besten untersuchte Strahlenreaktion ist die Oxydation von Ferrosulfat. Dabei haben H. Fricke und St. Morse[5, 6] gefunden, daß diese Reaktion weitgehend wellenlängenunabhängig verläuft, daß ferner die gebildete Menge Ferriionen *linear* mit der Röntgendosis ansteigt, und daß sie von der Konzentration in den Grenzen von Mol. 5000 bis Mol. 25000 *unabhängig* ist. Weiter tritt beim Erreichen der vollständigen Oxydation eine sprunghafte Verflachung der Kurve nach der Horizontalen ein. Die Linearität bleibt demnach bestehen, bis praktisch alles Ferroion oxydiert ist. Wir[7] haben diesen Versuch ausgedehnt bezüglich der Wellenlängen bis in das Gebiet der γ-Strahlen und bezüglich der Konzentrationsunabhängigkeit bis zu Lösungen von Mol. 5. Aus den Möglichkeiten der Formulierung des Oxydationsvorganges muß eine Beteiligung des Wassers als sicher angenommen werden.

Einen analogen Verlauf zeigt die Zersetzung von Hydroperoxyd nach R. Glocker und O. Risse[1]. Auch hier wurde Linearität mit der Dosis und, wenn auch in nur geringen Grenzen, Unabhängigkeit von der Konzentration gefunden. Linearität fanden dieselben Autoren auch bei der Zersetzung von Kaliumpersulfat. H. Fricke und E. R. Brownscombe[2] stellten Linearität und Unabhängigkeit von der Konzentration bei der Strahlenreduktion von Kaliumbichromat fest, und schließlich fanden B. Stenström und A. Lohmann[3] auch für die Veränderung von Thyrosin einen linearen Verlauf mit der Dosis sowie eine nur «geringe» Abhängigkeit von der Konzentration.

Alle diese Vorgänge verlaufen demnach sicher nicht nach dem Massenwirkungsgesetz. Die Strahlung greift *nicht* an der Substanz direkt an, sondern sie muß das Lösungsmittel Wasser verändern, «aktivieren», und dieser aktivierte Zustand muß an die reaktionsfähigen Moleküle herangebracht werden. Solange Linearität und Konzentrationsunabhängigkeit besteht, muß die Wahrscheinlichkeit der Übertragung des aktivierten Zustandes des Wassers auf die reaktionsfähigen Moleküle gleich 1 sein, d. h. es müssen *alle* aktivierten Wassermoleküle ihre «Aktivität» (Ionisation, Anregung, evtl. chemische Veränderung) an die gelösten Moleküle übertragen. Die Übertragung geht beispielsweise bei Mol. 25000 $FeSO_4$ linear über mehr als 100 Wassermoleküle! Der Aktivierungszustand muß also sehr beständig oder aber sehr leicht übertragbar sein (Abb. 3).

Weitere bedeutungsvolle Versuche für die Mitbeteiligung des Wassers an röntgenchemischen Reaktionen wurden von G. Cronheim und P. Günther[4] an Chloroform und von F. Wegmüller[5] an Äthylenbromid vorgenommen. Im letzteren Fall konnte gezeigt werden, daß die HCl-Bildung überhaupt nur in Gegenwart von Wasser vor sich geht und mit eventuell entstandenem H_2O_2 nichts zu tun hat.

Diese Untersuchungen können für das Problem der biologischen Strahlenwirkung nicht unberücksichtigt gelassen werden. Es erhebt sich die Frage: Ist der biologische Primäreffekt im wesentlichen eine Aktivierung des Wassers und damit ein im weiteren Sinne photochemischer Vorgang, oder ist er eine direkte Veränderung der strahlenempfindlichen Substanz. Im erstern Fall müßte innerhalb gewisser Grenzen zum

[1] G. Schwarz, Lehrb. Röntgenkde., Bd. 3, S. 71 ff., Leipzig (1932).
[2] G. Failla, Amer. J. Röntg. *44*, 649 (1940).
[3] E. Wertz, Strahlenther. *68*, 136 und 287 (1940).
[4] O. Jüngling, Lehrb. Strahlentherapie.
[5] H. Fricke und St. Morse, Amer. J. Röntg. *18*, 426 (1927).
[6] H. Fricke und St. Morse, Amer. J. Röntg. *18*, 430 (1927).
[7] A. Liechti, W. Minder und F. Wegmüller, Radiol. Clin. *14*, 167 (1945).

[1] R. Glocker und O. Risse, Z. Phys. *48*, 845 (1928).
[2] H. Fricke und E. R. Brownscombe, Phys. Rev. *44*, 240 (1933).
[3] W. Stenström und A. Lohmann, J. biol. Chem. *79*, 673 (1928).
[4] G. Cronheim und P. Günther, Z. phys. Chem. B. *9*, 201 (1930).
[5] F. Wegmüller, Diss. phil. II, Bern (1942).

mindesten für die erste Folgereaktion ein linearer Verlauf mit der Dosis und Unabhängigkeit von der Konzentration gefunden werden. Das Wasser würde zur Zentralsubstanz der Strahlenbiologie auf photo-

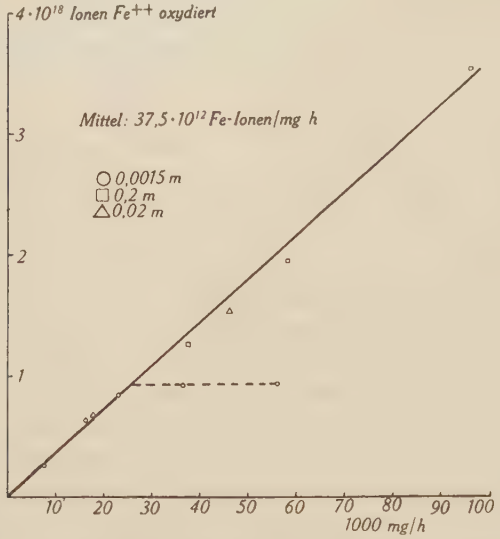


Abb. 3. Oxydation von Ferrosulfat durch Radiumstrahlen bei verschiedenen Konzentrationen nach A. Liechti, W. Minder und F. Wegmüller[1].

chemischer Grundlage, womit der «Treffer» gegenstandslos würde. Im zweiten Fall ergäbe sich eine Reaktion nach den Gesetzen der Massenwirkung und damit ein exponentieller Verlauf. Eine Entscheidung kann wohl nur die Frage der Sättigung bei großer Ionisationsdichte bringen.

Mit dieser Gegenüberstellung haben sich in letzter Zeit K. G. Zimmer[2] und K. Sommermeyer[3,4] näher beschäftigt. Aus der Tatsache, daß biologisch wichtige Substanzen teilweise einen exponentiellen Strahleneffekt zeigen, wird dabei von Zimmer[2] angenommen, daß eine Mitbeteiligung des Wassers am strahlenbiologischen Primäreffekt nicht vorliege. Diese Anschauung wird auf Grund der formalen Trefferbereiche zu stützen versucht, die im biologischen Objekt als zusammenhängend angenommen werden (z. B. Gene), während in wässeriger Lösung einem formalen Trefferbereich wirklich nur formale Bedeutung zukommt. K. Sommermeyer[3,4] möchte auch in diesem Falle noch von Treffern sprechen, gibt jedoch zu, daß bei vielen biologischen Strahlenreaktionen eine indirekte Wirkung durchaus möglich und auch wahrscheinlich sei.

Für eine theoretische radiochemische Betrachtungsweise hat man im allgemeinen Fall eine Reaktionskette von mehreren Gliedern vor sich, aus der man bei der Beobachtung der Strahlenreaktion ein besonderes Glied herausgreift. Für den Spezialfall des linearen Anstieges der ersten durch die Strahlen gebildeten Substanz folgt für das erste folgende Kettenglied X, dessen Menge zur Zeit $t = 0$ ebenfalls 0 sei, bis zu der Strahlenintensität J die Gleichung:

$$\frac{dX}{dt} = k_1 J t - k_2 X .$$

$$X = \frac{k_1}{k_2} J t - \frac{k_1}{k_2^2} J (1 - e^{-k_2 t})$$

In Abb. 4 sind die numerischen Werte der Funktion

$$X = t + \frac{1}{k} e^{-kt} - \frac{1}{k}$$

für verschiedene Werte der Reaktionskonstanten k dargestellt. Wie man sieht, nähert sich der Verlauf je nach der Größe dieser Konstanten mehr einer Geraden durch den Nullpunkt, oder aber er erreicht nach spätern Zeiten eine zu dieser parallele Gerade, die um den Betrag $\frac{1}{k}$ nach unten verschoben ist.

Wie Abb. 5 zeigt, verläuft die von P. Günther, P. v. d. Horst und G. Cronheim[1] untersuchte Abspaltung von HCl aus Chloroform durch Röntgenstrahlen sehr genau nach der obigen Funktion.

4. *Das Problem der Energiewanderung*

Die als Energie gemessenen Röntgenstrahlenmengen, welche z. T. sehr auffällige Reaktionen an bio-

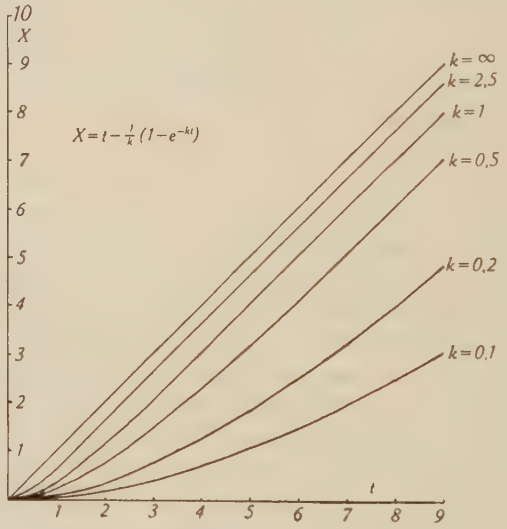


Abb. 4. Graphische Darstellung der Funktion $X = t - \frac{1}{k}(1 - e^{-kt})$ für verschiedene Werte von k.

logischen Objekten bewirken, sind sehr gering. So ist die Röntgenenergiezufuhr, die ausreichen würde, um beispielsweise einen Menschen in kurzer Zeit zu töten (10000 r auf den ganzen Körper von 75 kg), ziemlich genau so groß, wie die Energiemenge, die dem Körper

[1] A. Liechti, W. Minder und F. Wegmüller, Radiol. Clin. *14*, 167 (1945).
[2] K. G. Zimmer, Fund. Radiol. *5*, 168 (1940).
[3] K. Sommermeyer, Strahlenther. *69*, 715 (1941).
[4] K. Sommermeyer, Strahlenther. *70*, 184 (1941).

[1] P. Günther, P. v. d. Horst und G. Cronheim, Z. El.chem. *34*, 616 (1928).

ntzogen würde beim Trinken eines Glases kalten Wassers (ca. 1,5 Kal).

Die aus der Theorie berechneten formalen Trefferbereiche haben die Größenordnung von etwa 10^3—10^6 Atomen. Sie sind also sicher sehr viel größer als der Raum, in dem eine Anregung oder eine Ionisation stattfindet. Die formalen Trefferbereiche sind aber berechnet für eine Erfolgswahrscheinlichkeit $p=1$, d. h. jeder im formalen Trefferbereich stattfindende Ionisations- oder Anregungsakt führt zur manifesten biologischen Strahlenwirkung ($n=1$) oder trägt in gleicher Weise wie alle andern dazu bei ($n>1$).

Dasselbe Bild zeigt sich bei den photochemischen Reaktionen. Für $FeSO_4$ z. B. ergibt sich bis zu Verdünnungen von Mol. 25000 dieselbe Ionenausbeute wie für höhere Konzentrationen bis Mol. 5, so daß die Wahrscheinlichkeit des Umsatzes zwischen den Konzentrationen von 1 Ferroion auf 280 Moleküle Wasser bis zu 1 Ferroion auf 1,4 Millionen Wassermoleküle unverändert bleibt. Es ist also für die Oxydation des Ferroions völlig gleichgültig, ob die Energie des durch die Strahlung «aktivierten» Wassermoleküls linear nur über etwa 6 oder aber über etwa 115 Wassermoleküle transportiert werden muß. In beiden Fällen erreicht die «Aktivierung» das reaktionsfähige Ferroion mit der gleichen Wahrscheinlichkeit von $p=1$.

Aber nicht nur für ionisierende Strahlen, sondern auch für das sichtbare Licht wurden ähnliche Verhältnisse gefunden. Bei der Photosynthese von Glukose aus Kohlendioxyd und Wasser in Gegenwart

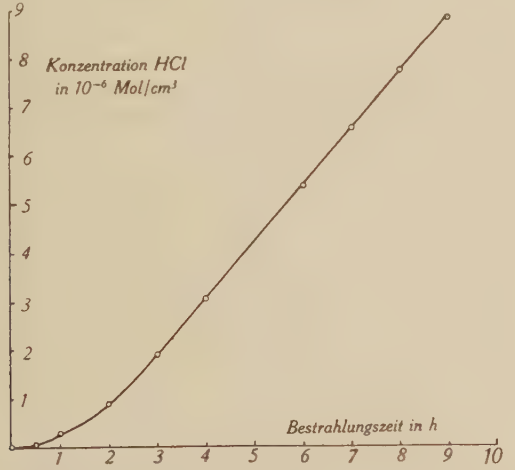


Abb. 5. Bildung von Salzsäure aus Chloroform bei Bestrahlung mit Röntgenstrahlen nach P. Günther, P. v. d. Horst und G. Cronheim[1].

von Chlorophyll ergab sich nach O. Warburg[2], daß zur Vereinigung von einem Molekül Wasser mit einem Molekül Kohlendioxyd 4 Lichtquanten erforderlich sind. Bei sehr geringen Lichtintensitäten wäre es nun außerordentlich unwahrscheinlich, daß ein Chlorophyllmolekül innerhalb einer für seinen Aktivierungszustand vorstellbaren Zeit alle diese 4 Lichtquanten aufnehmen könnte. Trotzdem verläuft die Reaktion auch hier mit einer theoretischen Quantenausbeute. R. Emerson und W. Arnold[1] haben diesen Vorgang weitgehend aufklären können. Sie belichteten das System mit intermittierenden Funkenentladungen von etwa 10^{-5} sec Dauer und großen Intervallen. Mit zunehmender Funkenintensität (bei gleichbleibendem Intervall) erfolgte ein *linearer* Anstieg der umgesetzten Stoffmenge. Eine Sättigung des Umsatzes müßte dann eintreten, wenn während der Dauer einer Entladung jedes Chlorophyllmolekül seine 4 notwendigen Quanten erhielte. Dann wären weitere Quanten für den Umsatz nicht mehr notwendig und damit wirkungslos. Die Sättigung trat aber schon viel früher ein, nämlich bei einem Verhältnis von 4 Quanten auf 2500 Chlorophyllmoleküle. Diese Zahl war für verschiedene Versuchsobjekte annähernd konstant. Das Ergebnis ist nur so zu verstehen, daß etwa 2500 Chlorophyllmoleküle eine Reaktionseinheit bilden (es sind das wohl alle, die in einem Granum enthalten sind) und mit einem CO_2-Molekül und einem H_2O-Molekül nach Erhalt von 4 Lichtquanten die Reaktion zu einem Sechstel-Molekül Glukose vollziehen, gleichgültig, an welcher Stelle des Komplexes die einzelnen 4 Lichtquanten absorbiert wurden. Zu einer ähnlichen Zahl gelangten auch H. Gaffron und K. Wohl[2] aus Berechnungen über die Dauer der Dunkelreaktion.

Vergleichbare Verhältnisse für die Existenz eines Energietransportes zwischen dem Ort der Strahlenschwächung und dem Ort der Strahlenwirkung ergeben sich auch aus den Resultaten von F. Wegmüller[3] an Äthylenbromid, wo eine Konzentration von 1 $C_2H_4Br_2$-Molekül auf ca. 2600 H_2O-Moleküle vorlag, und beim Abbau der Thymonukleinsäure, bei der sich eine Reaktionseinheit von ziemlich genau dem zehnfachen Molekulargewicht der reagierenden Substanz berechnen läßt.

Die Energiewanderung ist somit bei photochemischen und strahlenbiologischen Vorgängen ein außerordentlich wichtiger Prozeß, der den physikalischen Primäreffekt mit der manifesten Reaktion, bzw. mit dem biologischen Primäreffekt verbindet. Weiter ist von größter Bedeutung die Tatsache, daß die Photosynthese von Glukose ein sicherer Mehrtreffervorgang ist ($n=4$), der aber trotzdem linear mit der Dosis verläuft.

Auch bei den neuesten Versuchen von K. G. Zimmer[4] über die Modifikationsänderung von Phosphor unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen ist es sehr unwahrscheinlich, daß die Strahlung direkt am Phos-

[1] P. Günther P. v. d. Horst und G. Cronheim, Z. El.chem. *34*, 616 (1928).

[2] O. Warburg, Über die katalytische Wirkung der lebenden Substanz, Berlin (1928).

[1] R. Emerson und W. Arnold, J. gen. Physiol. *16*, 191 (1932).

[2] H. Gaffron und K. Wohl, Naturwiss. *24*, 81 und 103 (1936).

[3] F. Wegmüller, Diss. phil. II, Bern (1942).

[4] K. G. Zimmer, Phys. Z. *45*, 265 (1944).

phormolekül angreift. Die Resultate lassen sich bedeutend leichter verstehen, wenn man auch hier eine Mitbeteiligung des Lösungsmittels als Energieüberträger annimmt.

Über die Art der Energiewanderung vom Orte der quantenhaften Schwächung zum Orte der Reaktion liegen noch keine sichern Anschauungen vor. Die theoretischen Überlegungen von F. Möglich, R. Rompe und N. Timoféeff-Ressovsky[1] konnten nicht entscheiden, welche der angegebenen Möglichkeiten bei strahlenbiologischen Vorgängen tatsächlich auftritt. Für die Leuchtphosphore ist dagegen das Problem der Energiewanderung besonders durch die Untersuchungen von N. Riehl[2,3] weitgehend aufgeklärt worden. Diese Substanzen, z. B. Zinksulfid, fluoreszieren bekanntlich nur, wenn sie «verunreinigt» sind, und zwar bei Anwesenheit von etwa 0,01% Fremdatomen (Cu) im Kristallgitter. Dann beträgt aber der Wirkungsgrad etwa 90%, d. h. die in Form von beispielsweise α-Strahlen in den Leuchtphosphor eingestrahlte Energie verläßt denselben fast quantitativ wieder in Form von Licht. Nach den Untersuchungen von E. Streck[4] weiß man, daß der Rest der Energie zur Freimachung von atomarem Zink verbraucht wird. Die Fremdatome spielen für die Energieaufnahme keine Rolle, dagegen sind sie für die Lichtemission unerläßlich. Es muß somit zwischen Absorptionsort und Emissionsort eine Energiewanderung stattfinden über etwa 20 Gitterebenen des Kristalls. Diese erfolgt elektronisch in sog. Leitfähigkeitsbändern, in Elektronenniveaux, die ganzen Gitterebenen gemeinsam sind, mit Lichtgeschwindigkeit.

Die zweite Möglichkeit der Energieübertragung, diejenige durch Diffusion muß experimentell prüfbar sein. Die Diffusionsgeschwindigkeit verläuft proportional der absoluten Temperatur, und damit müßte auch die Energieübertragung von der Temperatur abhängig sein.

Diese Frage ist bisher nicht direkt geprüft worden. Dagegen liegen zwei Versuche vor, die schon sehr verläßliche Anhaltspunkte für die Klärung der Frage der Energieübertragung durch Diffusion ergeben. Diese betreffen die Zersetzung von Wasser in seine Bestandteile durch ionisierende Strahlen. W. Duane und O. Scheuer[5] haben schon 1913 festgestellt, daß Eis durch die von ihnen verwendeten α-Strahlen nicht zersetzt wurde. Zum gleichen Resultat gelangten P. Günther und L. Holzapfel[6] mit Röntgenstrahlen.

Sollten sich diese am Wasser gefundenen Verhältnisse als allgemeiner gültig erweisen, so dürfte geschlossen werden, daß die Energieübertragung in Flüssigkeiten sicher nicht elektronisch nach der Art der Leuchtphosphore erfolgt, sondern an die freie Beweglichkeit der Moleküle (wahrscheinlich des Wassers) gebunden ist. Aus den Zersetzungsversuchen an Wasser geht aber auch noch hervor, daß die Strahlung selbst hier nicht an den durch sie zersetzten Molekülen angreift, sondern daß auch in diesem Fall eine Energiewanderung zwischen aktivierten und reaktionsfähigen Molekülen stattfinden muß. Es wäre sonst nicht einzusehen, weswegen die Reaktion in fester Phase ausbleibt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Strahlenwirkung zum mindesten in sehr vielen Fällen auf dem Umweg über eine Energieübertragung erfolgt. Der physikalische Primäreffekt, der quantenhafte Schwächungsakt findet nur in verschwindend seltenen Fällen im reaktionsfähigen Molekülsystem, im «empfindlichen Bezirk», direkt statt. Die Energieübertragung erfolgt mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit über große räumliche Abstände. In wässerigen Lösungen findet sie ziemlich sicher nicht elektronisch statt, sondern wahrscheinlich nach Art der Diffusion. Es bestehen keine zwingenden Gründe für die Annahme, daß die Strahlenwirkung in biologischen Systemen nach einem grundsätzlich andern Mechanismus verlaufen muß. Im Gegenteil liegen sehr gewichtige Argumente für die Vorstellung vor, daß auch bei der biologischen Strahlenwirkung dem Wasser eine zentrale Bedeutung als Energieüberträger zukommt. Welcher Art die «Aktivierung» des Wassers durch die Bestrahlung ist, läßt sich vorderhand nicht mit Sicherheit entscheiden. Veränderungen des pH, wie sie von O. Risse[1,2] und P. Günther und L. Holzapfel[3], und solche der elektrischen Leitfähigkeit, wie sie durch H. Reiter[4] während und nach der Bestrahlung festgestellt wurden, scheinen vorerst noch recht unsicher zu sein. Sicher ist jedoch, daß auch im biologischen Objekt das Wasser aktiviert werden muß. Biologische Objekte bestehen zu gut zwei Dritteln aus Wasser. Der Rest setzt sich im wesentlichen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff zusammen. Für die Schwächung kurzwelliger Strahlen ist die lebende Substanz, abgesehen von unbedeutenden Stoffen, sehr einfach gebaut. Ionisation findet fast nur statt an Atomen von Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff. Damit scheinen aber auch die primären Reaktionsmöglichkeiten relativ sehr eingeschränkt zu sein. Der biologische Primäreffekt der Strahlenwirkung ist aller Wahrscheinlichkeit nach eine verhältnismäßig kleine und einfache und für alle Objekte gleiche oder jedenfalls sehr ähnliche Gruppe von Reaktionen, an denen das Wasser als weitaus häufigste Substanz be-

[1] F. Möglich, R. Rompe und N. Timoféeff-Ressovsky, Naturwiss. *30*, 409 (1942).
[2] N. Riehl, Naturwiss. *28*, 601 (1940).
[3] N. Riehl, Ann. Phys. *29*, 636 (1937).
[4] E. Streck, Ann. Phys. *35*, 58 (1939).
[5] W. Duane und O. Scheuer, Le Radium *10*, 33 (1913).
[6] P. Günther und L. Holzapfel, Z. phys. Chem. B. *44*, 374 (1939).

[1] O. Risse, Strahlenther. *34*, 578 (1929).
[2] O. Risse, Ergebn. Physiol. 242 (1928).
[3] P. Günther und L. Holzapfel, Z. phys. Chem. B. *49*, 303 (1941).
[4] R. Reiter, Fortschr. Rö. Str. *62*, 122 (1940).

utenden Anteil hat. Damit ist aber auch eine gewisse ssicht vorhanden, diese Reaktionsgruppe aufzuären und damit das Verständnis der biologischen rahlenwirkung sehr wesentlich zu fördern.

Summary

Two possibilities for the action of radiations on ological objects are still remaining: the effect by diation-hits and the action by photochemical or diochemical effects. By means of irradiating well-known chemical «model-substances» one may be able to decide between these two possibilities and to understand the biological primary effect of radiations.

Both of the theoretical perceptions are discussed and compared with the empirical facts. It is shown that in all well examinated cases of radiation effects upon biological elements or chemical systems, water or an other diluting is of essential importance. Radiation-energy is conducted from point of absorption to point of action by means of electronic transport or diffusion. Diffusion seems much more probable in biological systems.

Erinnerungen aus der Entwicklung der Röntgentechnik

Von F. Dessauer, Freiburg (Schweiz)

1.

An Entdeckungen im Raum des Naturgegebenen nn sich Gestaltung anschließen, die, im beschränkten nne, schöpferische Züge aufweist. An die Entdekung der Röntgenstrahlen schloß sich die Röntgenchnik, die Tausende von Köpfen und Händen behäftigte und das bis zur Stunde tut, und die, was wir cht vergessen wollen, sehr viele Opfer forderte, die n Tod durch Strahlenwirkung starben. Von dem reise der einstigen Mitarbeiter sind nur wenige diesem hicksal entgangen.

Wenn ich die Mühen der ersten Jahrzehnte nach der ntdeckung überschaue und die vielen Berichte und blikationen durchblättere, die von der Arbeit der dustriephysiker und -techniker Zeugnis geben, nn kommt mir ein Ausspruch in den Sinn, den öntgen selbst (in seiner Gedächtnisrede auf F. Kohlausch) getan hat: «Der physikalische Forscher, der ch hauptsächlich der Aufgabe widmet, exakte Messngen durchzuführen und die dazu benötigten Meoden und Apparate zu ersinnen, muß mit der Mögchkeit, ja fast immer mit der Gewißheit rechnen, daß ine Arbeit in verhältnismäßig kurzer Zeit von anren überholt wird; die von ihm erdachten Methoden erden verbessert, und die neu gewonnenen Resultate nd genauer. Damit verschwindet allmählich die Erinnerung an seine Person und an seine Tätigkeit[1].»

So ist es: vergessen sind die heißen Mühen von daals, ja die Art der Problemstellung mutet in der heugen Zeit oft fremdartig an. Verweht ist der Ruhm; berraschendes von einst ist jetzt trivial. Die oft bitren Streite, vom geistigen, oft auch vom wirtschaftchen Wettbewerb genährt, sind ausgebrannt, öfter adurch, daß sie gegenstandslos wurden, als durch nen sogenannten Sieg. Einst viel genannte Namen ennt man nicht mehr, und die großen Kämpfer unrer Kongresse sind Schatten geworden. Ja, man könnte meinen, all die vergangene Bewegung sei wie *Furchen*, die die *Schiffe* auf dem Meer ziehen. Zuerst wallt es auf und die Wellen sind stark, aber nach einer Stunde ist keine Spur mehr zu erkennen. Und doch ist es anders! Es sind dennoch *Furchen* der *Pflugschar* gewesen und Saat wurde hineingestreut. Manches Korn ging auf. Spätere Generationen, im Besitz der Ernte, sehen die Ackersleute von einst nicht mehr, weil sie von ihren eigenen Problemen erfüllt sind. Doch was Röntgen sagte, wird auch ihr Tribut an die Menschheit sein: «Erinnerungen an Personen und ihre Tätigkeit schwindet».

2.

Der Aufforderung dieser Zeitschrift folgend, einiges aus dem Vorrat meiner Erinnerungen zu berichten, muß ich auswählen und tue es in dieser Überlegung: Die ersten Jahrzehnte, die Zeit, als die Natur der neuen Strahlen unbekannt war, die eigentliche Pionierzeit mit ihren Kämpfen und Opfern, dem Bewußtsein der Gegenwart fremd geworden, sei bevorzugt. Und aus der Überfülle der Ereignisse sei erwähnt, was den Physiker und Physiologen, allgemeiner den Naturforscher interessiert, oder was historisch, allgemein menschlich wichtig und nützlich scheint für die Gegenwart. Vielleicht wird man tadeln, daß ich zu sehr aus eigenem Erleben spreche. Ich tue es dennoch. Mag die damit verknüpfte Wahl gegen meine Absicht zu Einseitigkeiten führen, so hoffe ich, daß die Darstellung dafür Lebenswärme bekommt. Und mehr als die Aufzählung von Resultaten entspricht ja die Anteilnahme am Ringen und Werden der menschlichen Art. — —

Zur Zeit der Entdeckung (8. November 1895) herrschte noch Verwirrung über die Deutung der vielen Phänomene der Gasentladungen, die damals das höchste Interesse der Physiker besaßen. Da die Gedankengänge hierüber, die mit den verschiedenen Ätherhypothesen verflochten waren, kürzlich zusam-

[1] Sitzungsbericht d. Bayr. Akademie der Wiss., Math.-Physik. Kl. (1910).

menfassend dargestellt wurden[1], gehe ich hier darüber hinweg. Die klärenden Arbeiten der Cambridgeschule unter J. J. Thomsons Führung waren noch nicht bekannt. Die Natur der Kathodenstrahlen war vielumstritten. Die Bezeichnungsweisen (wie Ion, Elektron) noch ungeordnet. Und es sollte noch siebzehn Jahre dauern bis zur Klärung der Natur der neuen Strahlen als kurzwellige elektromagnetische Wellenbewegung durch Laues Entdeckung.

Diese Unsicherheit muß bedenken, wer die Arbeiten der Physiker und Techniker von damals nachliest. Ein Beispiel: Der Streit, den ich mit Christen führte, ob die in der Röhre durch Funkeninduktor oder Influenzmaschine erzeugte Röntgenstrahlung komplex oder homogen sei (was Christen für möglich hielt), kommt dem Physiker von heute fast grotesk vor. Aber es war damals nicht einfach, durch Absorptionsanalysen (natürlich ohne den so viel später gefundenen Röntgenspektrographen) den komplexen Charakter, die Komponenten des Gemisches und dann Zusammenhänge zwischen dem Spannungsverlauf und den verschiedenen Anteilen der Strahlung zu zeigen. Die Zusammenhänge zwischen Spannung, Strom, Härte der Strahlung und Strahlenhelligkeit (Intensität, sagte man damals etwas ungenau) waren Gegenstand hitziger Kontroversen durch Jahre hindurch[2]. Man mußte experimentieren und konstruieren *ohne* gesicherte Grundlagen, ja oft mit Hypothesen, die sich dann als irrig herausstellten. Lenard z. B. neigte zur Ansicht, Kathodenstrahlen seien elektromagnetische Wellen[3], Röntgenstrahlen mit Kathodenstrahlen identisch. Die Natur der letzteren als negative Korpuskel wurde gesichert, was wiederum dazu führte, daß ein namhafter Physiker die Hypothese aufstellte, Röntgenstrahlen seien die an der Antikathode ihrer Ladung beraubten Kathodenstrahlenteilchen. Röntgen selbst und mit ihm auch J. J. Thomson, Oliver Lodge und andere neigten anfangs zur Hypothese der «longitudinalen Ätherwellen». A. Schuster, I. Perrin, später auch Oliver Lodge[4], hielten die Deutung als sehr kurzwellige Transversalwellenstrahlung für wahrscheinlicher – trotz der fehlgeschlagenen oder doch nicht eindeutigen wiederholten Beugungsversuche, und Wiechert und Stokes kamen mit ihrer Impulstheorie der Wahrheit sehr nahe. Daneben bestanden andere, mehr abenteuerliche Hypothesen wie die des Ätherwindes. Das aus dem Bedürfnis nach Anschaulichkeit beharrlich gestellte Postulat, es müsse für elektrische und magnetische Kräfte und Schwingungen einen substantiellen Träger geben, beherrschte noch das physikalische Denken und nahm ungemein viel Zeit und Mühe der Theoretiker in Anspruch.

Auf solch unsicherer Basis hatten die Techniker der Anfangszeit aufzubauen. Bedenkt man dies, dann sind ihre Leistungen erstaunlich. Es bildete sich in der Röntgentechnik für fast zwei Jahrzehnte ein Zustand heraus, der eine Ähnlichkeit mit der vorgalileischen Zeit hatte. Damals war die Technik, wie etwa das empirische Können der Bauhütten mit ihrer großen Tradition, gewaltig der Naturwissenschaft vorangeeilt, die noch in Banden aristotelischer Deduktion lag. Die Bauleute des XVI. Jahrhunderts konstruierten Gewölbe, Kuppeln, Bögen, obwohl es an den theoretisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Statik noch fehlte. Es ist lehrreich und erstaunlich, wie die Röntgenkonstrukteure der Anfangszeit ohne Einsicht in die Theorie der Gasentladungen Röntgenröhren und ohne Wissen von der Natur der Strahlen vorzügliche diagnostische und therapeutische Geräte schufen.

Röntgen selbst, obwohl ursprünglich Ingenieur (er hatte die Maschinenbauschule Apeldoorn besucht und am Polytechnikum Zürich 1867 das Diplomexamen als Maschineningenieur bestanden) nahm an der Weiterentwicklung der Röntgentechnik wenig Anteil. Was er in seinen drei Mitteilungen veröffentlicht hat, wurde zwar auch für die Konstrukteure grundlegend. Aber dann kehrte er zu seinem Lieblingsgebiet, der Kristallphysik, zurück, freute sich wohl, wenn er über die Fortschritte auf dem von ihm erschlossenen Neuland hörte, nahm aber aktiv nicht teil. Das entsprach seinem Charakter. Nach seiner Entdeckung stürmte eine Menge von Forschern, Erfindern und Geschäftsleuten in die neue Welt mit ihren vielseitigen Chancen; es war ähnlich wie wenn die Entdeckung einer Goldader Karawanen von Goldgräbern anzieht. Und es ging in dem neuen Gebiet laut und lebhaft zu. Röntgen aber war der Mann der Stille, der Zurückgezogenheit, ja Verschlossenheit. Er verabscheute Diskussionen, Kongresse, Repräsentationen; alles Geschäftige und Geschäftliche war ihm zuwider und der Gedanke, in den Strudel der wetteifernden Forscher, Erfinder und Unternehmer hereingezogen zu werden, unerträglich. So blieb er auf dem Gebiet seiner eigenen Entdeckung in Distanz, interessierter Zuhörer, selbst stumm.

3.

Wenden wir uns zunächst zur *Technik der Röntgenröhre*, die bis zu Coolidges Erfindung, also bis zum ersten Weltkrieg, stets eine Selbstentladungsröhre war. Der erste große Schritt der Technik brachte die sogenannte «Fokusröhre» (mit Platin als Antikathodenmaterial). Die Kathode war ein Aluminiumhohlspiegel. Auf der schräggestellten Pt-Antikathode lag (annähernd) der Krümmungsmittelpunkt des Hohlspiegels als ungefähr der Ort, wo die Kathodenstrahlen ihre engste Einschnürung erfahren. Trotzdem

[1] Wilh. Conr. Röntgen, Kapitel 6, 9 und 10 (Bei Walter in Olten, 1945).

[2] Siehe Fußnote 1, S. 311, Nr. 9.

[3] Liverpooler Tagung der Brit. Ass. Adv. Sci. (1896).

[4] Oliver Lodge begründete seine Ansicht schon früh mit der Untersuchung von Helmholtz über Dispersion aus dem Jahre 1893, in der auf hohe Durchlässigkeit der Stoffe für extrem kurze Wellen geschlossen wurde.

ieser Ort vom Vakuum abhängt und daher mit der nvermeidlichen Selbsthärtung der Gasröhren wanert, war der Fortschritt hinsichtlich Bildschärfe und trahlenausbeute sehr groß. Die Abhängigkeit des Virkungsgrades vom «Bremsmaterial» war ebensoenig bekannt wie die charakteristische Strahlung, die rst 1906 von Barkla entdeckt wurde.

Diese «Fokusröhre», auch heute noch allgemein in ebrauch, ist fast gleichzeitig von mehreren Autoren efunden worden. Wahrscheinlich gehört die Priorität V. König, damals Professor am physikalischen Verein h Frankfurt, später ein Nachfolger Röntgens auf dem ehrstuhl in Gießen. Die Konzentrationsmöglichkeit on Kathodenstrahlen selbst war bei Crookesschen Röhren schon benutzt. Die zweite Mitteilung Röntgens om 9. März 1896 enthält die Beschreibung der Fokusöhre, die er seit einigen Wochen benutzte. Aber damals rschien bereits die erste Sammlung guter Röntgenufnahmen (der besten damals) im Verlag von . A. Barth, von Walter König mit der Fokusröhre ufgenommen, der für Röntgen eingesprungen war nd den Vortrag über die Entdeckung auf der Tagung er Bunsengesellschaft in Stuttgart gehalten hatte.

In den ersten Jahren entstanden mehrere hundert Modelle von gashaltigen Fokusröhren. Folgende Hauptufgaben stellten sich dem Techniker: richtige Vauumbehandlung des Entladungsrohres. Seine «Härte», unächst also der Widerstand des Rohres gegen den Durchgang der Entladung, war für die Strahlenqualiät, die «Strahlenhärte» maßgebend, und diese mußte em Verwendungszweck angepaßt sein. Natürlich urfte man nicht extrem evakuieren, da ja keine unelbständige Entladung möglich war. Im Betrieb er Röhre steigerte sich im allgemeinen das Vakuum urch Okklusion von Gasen, überwiegend durch die Metallteile und deren Zerstäubung. Es hing von der Behandlung der Röhre vor und bei der Evakuierung b, ob sie Neigung zum Weicherwerden bei Belastung eigte oder umgekehrt. Man sprach vom «Atmen» der Metalle in der Röhre. Jeder Radiologe hatte einen Vorat von Röhren verschiedener Härtegrade.

Eine große Rolle spielten die «Regeneriervorrichungen», mit Hilfe deren kleine Gasmengen im Vakum frei gemacht wurden. Anfangs waren sie aus gasokludierenden Substanzen in Ansätzen, die man erwärmte, gebildet. Später wurde fast ausschließlich die Anordnung von Villard benutzt. Sie bestand aus inem dünnwandigen Palladiumröhrchen, das seitlich m Entladungsrohr angeschmolzen und nur nach inen offen war. Bei Erhitzen mit einem Spirituspprenner trat etwas Wasserstoff durch die Wände des Röhrchens ins Innere ein. Die Wirkung der Regeneiervorrichtungen war begrenzt, und man durfte sie icht etwa während einer Aufnahme in Gang setzen, veil Erweichen der Röhre zugleich ein Wandern des Fokus», genauer der Stelle größter Einschnürung des Kathodenstrahlenbündels bewirkte.

Ein weiterer großer Konstruktionsspielraum war (und ist heute noch) durch die mannigfaltigen Belastungen gegeben, die einer Röhre auferlegt werden. Gute Temperaturleitung war bei starker stoßweiser Belastung, wie zu Momentaufnahmen, gute Wärmeabfuhr bei Dauerbelastungen in Durchleuchtung und Therapie nötig. Es gab massive Metallhinterlegungen der platinierten Antikathode, Ausbildung des Antikathodenträgers als Wasserbehälter in mannigfaltigen Formen, die zwar große Kunstfertigkeit der Glasbläser, aber keine besonderen technischen Lösungen erforderten. Hiervon ist die Konstruktion von Amrhein eine Ausnahme — jedenfalls war sie die wirksamste Antikathodenkühlung bei tiefer Temperatur. Der Antikathodenträger war ein metallisches Hohlgefäß, in das hinein ein kräftiger Wasserspray direkt auf die Rückwand der Antikathode gespritzt wurde. Der Entzug der Verdampfungswärme erlaubte nicht nur eine mehrfach höhere und dauernde Belastung, sondern hielt die Antikathodentemperatur selbst niedrig. Diese Röhre spielte besonders in den Anfangszeiten der Tiefentherapie eine große Rolle.

Aber die allergrößte Schwierigkeit bei der Konstruktion und beim Betrieb der «gashaltigen» Röhren bestand in dem Umstand, daß Strom- und Spannungsverlauf der Gasentladung hierbei nicht getrennt zu regeln sind. Erhöhung der Spannung bedeutete zugleich Vermehrung der Stromstärke und Änderung des Stromverlaufes. Die älteren Radiologen waren zum Teil recht gute Techniker und mußten es sein, um das Verhalten ihrer Röhren bei jedem Regulieren der Spannungsquelle vorauszusehen, denn die Röhren waren sozusagen Individuen, von denen schier jede anders reagierte. All dies verschwand mit Erfindung der Coolidgeröhre mit Hochvakuum und Glühkathode, die auch den Ersatz des Funkeninduktors durch den Transformator zur Folge hatte. Damit erst wurde der «Röntgenapparat» zur technischen Maschine mit genau reproduzierbaren Bedingungen, die er heute ist.

Aber dies vollzog sich praktisch in Europa nach dem ersten Weltkrieg und nicht ohne erheblichen Kampf. Die Anhänger der Röntgenröhren mit Selbstentladung konnten für sich geltend machen, daß die Qualität ihrer Röntgenogramme keinesfalls von den neuen Röhren mit unselbständiger Entladung übertroffen werde. Tatsächlich ergibt auch heute noch ein Vergleich der Bilder, daß in bezug auf Feinheit der Abstufung in den Kontrasten kein Fortschritt erzielt wurde. Die Ursache der trefflichen Detailzeichnung in den alten Bildern erklärt sich wie folgt. Untersucht man die Röntgenstrahlung einer gashaltigen Röhre beim Durchgang einer Einzelentladung eines leistungsfähigen Funkeninduktors mit Hilfe von Härteskalen auf einem rasch rotierenden Film, so zeigt sich, daß die Strahlung sehr komplex ist, d. h. für stufenreiche Strukturaufnahmen besonders geeignet. Ich konnte seinerzeit die Änderung des «mittleren Härtegrades» der Röntgenstrahlung während des Durchgangs der

Entladung unter verschiedenen Bedingungen bestimmen.

In einer früheren Arbeit gelang es mir, eine gashaltige Röntgenröhre zu konstruieren, deren Härtegrad sich unabhängig vom Gasgehalt in erheblichen Grenzen variieren ließ. Das Prinzip dieser seinerzeit in vielen Exemplaren benutzen Röhre war das schon Hittorf bekannte Phänomen der statischen Rückwirkung von Verengungen auf Kathodenstrahlen.

Die Antikathode befand sich innerhalb eines isolierten Metallzylinders, der vorne für den Eintritt der Kathodenstrahlen offen war und seitlich einen Austritt für die Röntgenstrahlen hatte. Die Antikathode war durch eine variable Nebenschlußfunkenstrecke mit der seitlich angebrachten Hilfsanode verbunden. Schloß man diese Funkenstrecke kurz, so bekam der Zylinder angenähert das Potential der Anode. Der Eintritt der Kathodenstrahlen erfolgte ungehindert. Je nach Regelung der Funkenstrecke bekam der Zylinder gegen die Anode negatives Potential. War der Widerstand des Nebenschlusses praktisch unendlich, so lud sich der Zylinder maximal negativ auf. Bei konstantem Vakuum war also die aufzuwendende Spannung zwischen Kathode und Anode durch eine statische Rückwirkung des Zylinders auf die Kathodenstrahlen variabel und damit die Härte der Strahlung[1].

Es war somit eine Art Steuerung des Härtegrades durch eine Hilfselektrode, in gewissem Sinne Vorläufer der Liebenschen Steuerelektrode bei gashaltigen Entladungsröhren, aus der die heutigen Gitterröhren hervorgingen.

Von den Arbeiten auf dem Gebiete der Röntgenröhrentechnik sei noch eine erwähnt, die dadurch interessant ist, daß sie nach etwa zwanzigjährigem Vergessen neuerdings wieder aufgenommen, zu großer Verbreitung in der heutigen Röntgentherapie gelangte. Im Streben, das seltene und kostbare Radium in der Therapie möglichst durch Röntgenstrahlen zu ersetzen, kamen Hugo Sellheim (Prof. der Frauenheilkunde), Prof. Dr. Edgar Meyer, damals Mitarbeiter von Paschen (beide in Tübingen) und ich zu der Lösung, Röntgenröhren mit geerdeter Antikathode derart zu bauen, daß diese, aus einem sehr dünnen Platinblech gebildet, einen Teil der Röhrenwand bildete und direkt auf den Krankheitsherd aufgelegt, ja in diesen eingesenkt werden konnte. Das war die erste «Kontaktbestrahlungsröhre». Die Röhre selbst wurde nach meinen Angaben von dem damals besten Fachmann Max Gundelach (Fabrik Emil Gundelach in Gehlberg in Thüringen) hergestellt[2]. Die Röntgenstrahlung trat, filtriert durch das Pt-Blech in Richtung der Kathodenstrahlung unmittelbar in das Gewebe.

[1] «Über einen Versuch, die Durchdringungsfähigkeit der X-Strahlen unabhängig vom Vakuum zu regulieren», Verhandl. d. Deutsch-phys. Ges., IV, 13 (1902).

[2] Vorträge auf dem Kongreß der Naturforscher und Ärzte in Wien, abgedruckt München. Med. Wochenschrift, 1913, Nr. 41 und 43; ferner in dem Buch Radium, Mesothorcium und harte X-Strahlung (Verlag Otto Nemnich).

Welche Bedeutung dieses Verfahren neuerdings gewonnen hat, als es insbesondere durch Schäfer und Witte in Bonn und später durch Chaoul und andere in großem Maßstabe aufgenommen wurde, ist im Aufsatz von Zimmer dargestellt.

Es sei noch erwähnt, daß die starken, umgekehrt gerichteten Spannungsstöße der Schließungsinduktion beim Funkeninduktor durch Funkenventile, meist durch Vakuumventile, sogenannte «Drosselröhren», von den hingegen sehr empfindlichen «gashaltigen» Röntgenröhren abgehalten werden mußten. Die Ventilröhren benutzten vor Einführung des Hochvakuum-Glühkathodenprinzips durch Coolidge alle das Hittorfsche Sperrphänomen. — Zu den Röntgenröhren gab es technische Meßgeräte, wie die (mehrfach modifizierte) Härteskala von Benoist und die «Fokometer» zur Messung der «Schärfe» der Bildzeichnung durch eine Röhre[1].

Obwohl schon im Jahre nach der Entdeckung und später wiederholt (so durch Zehnder) Vorschläge zum Bau von Röhren aus Metall gemacht wurden, gelangte diese heute herrschende Ausführungsart erst nach Coolidges Erfindung zur allgemeinen Benutzung.

4.

Reicher an interessanten Zügen als die Entwicklung der Röntgenröhre ist die Entwicklung des *elektrotechnischen Teiles* der Röntgeninstrumentarien in der Zeit bis etwa 1918 gewesen.

Röntgen hat zu seinen Arbeiten einen Rühmkorffschen *Funkeninduktor* in der bekannten Schaltung nach Fizeau benutzt. Seine Apparate standen bis zum zweiten Weltkrieg im Deutschen Museum in München. Nähere Angaben über sie sind in der erwähnten Röntgenbiographie gemacht, weil einiges davon für die Nachkonstruktion der Entdeckungsgeschichte wichtig war.

Die Physiker und Röntgenologen blieben noch für reichlich zwanzig Jahre nach der Entdeckung auf diese Art der Hochspannungserzeugung angewiesen, die der Influenzelektrisiermaschine weit überlegen war. Der Wechselstromtransformator verdrängte den «Rühmkorff» erst, als durch die neuen Glühkathoden eine gute Gleichrichtung der Entladung im Röntgenrohr und Ventilrohr gewährleistet wurde.

Auf das Studium der Funkeninduktoren hatten die Physiker seit 1855, da Stöhrer und Rühmkorff (vgl. Pogg. Ann. 94, p. 249, 1855) ihre ersten über Du Bois-Reymonds (1840–1850) Mitteilungen weit hinausgehenden Veröffentlichungen machten, viel Mühe und Fleiß verwendet. So beschäftigten sich Ritchie 1857 im Phil. Mag., Poggendorff, Jean (compte rendu 1858), Simsteden, Ryke (Abhängigkeit der Funkenlänge vom Unterbrechermetall), Fizeau in der Anfangszeit

[1] Übersicht über diese Konstruktionen findet sich zum Beispiel in Dessauer-Wiesner, Kompendium der Röntgenaufnahme und -durchleuchtung, Bd. I, 2. Aufl., S. 193 ff. (1915) (Verlag O. Nemnich, Wiesbaden).

mit Einzelproblemen des «Rühmkorff». Börnstein (Pogg. Ann. 1872) versuchte zuerst eine Theorie. Die erste ausführliche Theorie des «Rühmkorff» stammt von dem russischen Physiker R. Colly (Wied. Ann. 44, S. 109–132, 1891) mit Zuhilfenahme einer von Helmholtz angegebenen Vereinfachung hinsichtlich der Bedingungen des Sekundärkreises. Im Jahre 1901 veröffentlichte Lord Rayleigh (Phil. Mag., S. 581–594), von der Ansicht ausgehend, daß dieser Apparat bisher noch nicht richtig verstanden wurde, eine neue, verbesserte Theorie des Funkeninduktors, in der die Abweichungen durch das Verhalten des Eisens, durch die nicht momentane Unterbrechung und durch die Kapazität der Sekundärspule unter Benutzung des Kelvintheorems (Phil. Mag. 38, 1869, S. 1) berücksichtigt wurden. Overbeck (Wied. Ann. 64, S. 203) erweiterte die Collysche Theorie. Inzwischen wurden die Oszillographen verbessert und gestatteten Wertheim-Salomonson, Amsterdam, experimentelle Arbeiten mit Auswertung der Ergebnisse. Die wichtigste davon ist in Phys. Z., S. 11, von 1910, S. 538–543, abgedruckt. Bekannt durch seine Arbeiten auf diesem Gebiete wurde auch der Basler Friedrich Klingelfuss.

Zwar wurden die Vorgänge im Funkeninduktor dadurch klarer, aber niemals ist es dazu gekommen, daß man einen Funkeninduktor berechnen konnte, wie man etwa einen Transformator berechnen kann. *Der Funkeninduktor war und blieb ein «Apparat»*. Als er reif war, zur berechenbaren Maschine zu werden, wurde er verdrängt. Das «gashaltige» Entladungsrohr als wichtiger Teil des Sekundärkreises blieb immer ein überaus kompliziertes, variables Gebilde, das jede vereinfachende Annahme, die man zur Rechnung brauchte, illusorisch machte; und der Unterbrecher selbst gab, außer in dem weiter unten besprochenen Fall, zu schwer überwindbaren Komplikationen Veranlassung.

Trotzdem wurde viel mit dem «Rühmkorff» erreicht – und es ist nicht ausgeschlossen, daß er in irgendeiner Form doch wieder als Hochspannungserzeuger könnte in Frage kommen. Denn er ist jedenfalls auch heute noch der wenigst kostspielige Apparat, um Spannungen von 400 kV und darüber bei Stromstärken von mehreren mA zu erhalten.

Im Anfang der Röntgentechnik herrschte die Meinung vor, die Leistungsfähigkeit eines Funkeninduktors sei schlechthin durch seine «Funkenlänge», also durch die maximal sekundäre Öffnungsspannung bestimmt.

Als ich dagegen die Einwände erhob, daß die «Funkenlänge» nur ein Spannungsmaß sei, daß man ferner zu diagnostischen Zwecken nur Spannungen von etwa 20–30 cm Funkenlänge brauche, daß Stromstärke und Entladungszahl die Helligkeit des Röntgenlichtes beeinflusse, daß die Transformationsleistung nicht von der Spannung allein abhänge, sondern auch von anderen Dimensionen, vor allem auch der Dimensionierung von Eisen und Kupfer, entstand daraus ein für die heutigen Physiker und Techniker wohl kaum begreiflicher Literaturkrieg über mehrere Jahre; dabei stand ich anfangs fast allein, die Autoritäten waren auf der Gegenseite. Doch hatte auch dieser erbitterte Streit ein Gutes: die Funkeninduktoren wurden besser. Ursprünglich ganz auf hohe Sekundärwindungszahl dünnster Drähte zur Erhöhung der Funkenlänge (die Induktoren wurden nach Funkenlängen verkauft, nicht nach irgendeinem Leistungsmaß) bedacht, mußten die Fabriken der offenbaren Überlegenheit richtig dimensionierter «Rühmkorffs» mit der Zeit Rechnung tragen[1].

Dieser Streit erlosch schließlich von selbst, weil sich ein offenbarer physikalischer oder technischer Irrtum nicht dauernd aufrechterhalten läßt. Alle Fabriken paßten die Spannung der Induktoren den Bedürfnissen an, d. h., bauten Induktoren von geringerer Spannung zu diagnostischen Zwecken und Oberflächentherapie, in späterer Zeit von höheren Spannungen für Tiefentherapie. Solche Windmühlenkämpfe werden in jungen Gebieten oft ausgetragen, und der «Kampf um die Funkenlänge» erinnert an den viel größeren und leidenschaftlicheren zwischen den Anhängern des Gleichstromes und jenen des Wechselstromes. Ich selbst habe Ende des vergangenen Jahrhunderts noch einen Professor an der Münchener Technischen Hochschule gehört, der dem Wechselstrom jede praktische Bedeutung, jede Zukunft absprach.

Die Entwicklung des Funkeninduktors erreichte in den Jahren 1909–1914 einen Höhepunkt. Das Verdienst hierfür kommt zum großen Teil dem holländischen Arzt und Physiologen P. H. Eijkman zu, der ein ebenso unermüdlicher Vorkämpfer für internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit und den Friedensgedanken wie für die Lösung des Problems der «eigentlichen» Röntgenmomentaufnahme und der Röntgenkinematographie war. Da über diese Arbeiten von einem Schweizer Autor im Jahre 1913 ein kleines, übersichtliches Buch erschienen ist[2], kann ich mich hier mit wenigen Bemerkungen begnügen.

Magen-, Darm- und Lungenuntersuchungen und in weit höherem Grade Herzröntgenographie verlangten kurzzeitige Aufnahmen. Mit den neuen mit starken Eisenkernen ausgerüsteten Induktoren, dem Wehneltunterbrecher oder dem Boasschen Turbinenunterbrecher (oder einer seiner vielen Modifikationen) gelang es, unter Benutzung der von Gehler erfundenen Verstärkungsfolien und doppelseitig emulsionierten Platten (später Filmen) mit etwa $^1/_{10}$ Sekunde (in Experimenten sogar mit $^1/_{80}$ Sekunde) Expositionsdauer[3] bei nicht zu dicken Objekten auszukommen. Aber schon bei ca. $^1/_{10}$ Sekunde zeigte sich praktisch eine Grenze. Eine Frequenzsteigerung der Entladungen

[1] Eine zusammenfassende Darstellung des Standes in diesem Streit im Jahre 1905 findet sich zum Beispiel im «Röntgenol. Hilfsbuch», R. Stubers, Verlag, Würzburg, S. 113 ff., mit Literaturverzeichnis.

[2] Dr. J. Schwenter, Privatdoz. f. das Röntgenverfahren an der Universität Bern, «Leitfaden der Momentaufnahme im Röntgenverfahren» (Verlag Otto Nemnich, Leipzig 1913).

[3] Insbesondere Dr. Joseph Rosenthal in München war in dieser Richtung erfolgreich (siehe bei Schwenter, l. c.).

brachte keine Verbesserung, sondern ein Minus an Strahlenausbeute. Der Grund hierfür liegt in der Eigentümlichkeit gashaltiger Röhren, eine endliche Zeit zu brauchen, um nach Durchgang einer starken Entladung in ihren vorherigen Zustand zurückzukehren[1].

Dies brachte mich auf den Gedanken, technisch mit einer einzigen Entladung des Induktoriums, also unter Weglassung von Unterbrechern zu arbeiten. Ich entwickelte ein Induktorium von ungewöhnlichen Dimensionen (ca. 10facher Eisenmenge) und benutzte einen Schmelzfaden in einer Umhüllung, die beim Zerschmelzen des Fadens fein zerstäubte. Der Hochdruck des auftretenden Gases und der feine Staub (etwa Gips) bei dem explosiven Durchschmelzen der «Patrone» unterbrachen so plötzlich, daß der Kondensator weggelassen werden konnte. Die Entladungsdauer in der Röhre war von der Größenordnung $^1/_{300}$ Sekunde, die Stromstärke in der Röhre konnte bis ca. 400 mA gesteigert werden. Das Verfahren war einfach und die Apparatur wurde von 1909 an in sehr vielen Kliniken eingeführt.

Die Mitteilung hiervon auf dem 5. Röntgenkongreß brachte P. H. Eijkman zu mir. Er hat selbst in einer (inzwischen untergegangenen) Zeitschrift seine Wanderfahrten zu den verschiedenen Fabriken und Konstrukteuren beschrieben[2]. Ihm lag an der Klärung verschiedener physiologisch noch ungeklärter Bewegungsvorgänge im menschlichen und tierischen Körper, und er hatte früher bereits in einer sehr mühevollen Arbeit die Vorgänge des Schluckaktes röntgenologisch festzustellen gesucht.

Ich werde nie den Tag, 19. Sept. 1909, vergessen, an dem zum erstenmal Eijkman und ich die aufeinanderfolgenden Phasen des menschlichen Herzschlages in einer Aufnahmeserie, bei der jede einzelne Aufnahme mit einer einzigen Entladung von ca. $^1/_{300}$ Sekunde Dauer gemacht worden war, röntgenographierten. Noch war es keine *eigentliche* Röntgenkinematographie sondern eine «synthetische». Die aufeinanderfolgenden Bilder waren nicht die eines einzigen Herzschlages der Versuchsperson, sondern von verschiedenen Herzschlägen waren die aufeinanderfolgenden Phasen aufgenommen. Ein Pulsschreiber wirkte auf ein System von Relais und eine eigens konstruierte Verspätungsuhr. Die Systole löste die Aufnahme aus, und mit der Verspätung von je $^1/_9$ Sekunde kamen so 9 Folgeaufnahmen des Herzschlages zustande. Eijkman, der sich nahe der Erreichung eines Zieles sah, dem er viele Jahre seines Lebens und großen Aufwand auch an eigenen Mitteln geopfert hatte, war überaus glücklich. Ich sollte den edlen, gütigen Menschen nicht mehr oft so glücklich sehen. Sein Lebensweg endete viel zu früh.

Die Weiterentwicklung zur *eigentlichen* Kinematographie ließ nicht lange auf sich warten. Mit ihr gelang Eijkman bald noch die Klärung des physiologischen Schluckaktes[1], Küpferle (und ich) brachten das erste echte Kinematogramm (6 Aufnahmen) eines einzigen Herzschlages, Alwens die Magenbewegung des Säuglings, Schwenter selbst machte Studien der tierischen Peristaltik, Magnus und Hesse (aus Utrecht) klärten röntgenkinematographisch den Brechakt am Hunde (Archiv f. die ges. Physiol., Bd. A. 52), bis auf Alwens in meinem Laboratorium.

Die große Schwierigkeit der echten Röntgenkinematographie bestand darin, daß Filme oder Platten großen Formates (30mal 40 cm meistens) in gutem Strahlenschutz (Bleiplatten) vor das Objekt gebracht, vom Schutz befreit, exponiert, wieder geschützt und weggebracht werden mußten, um sofort dem nächsten Film Platz zu geben. Das sollte in einer Sekunde wenigstens 6- bis 8mal geschehen. Die Schwierigkeit, die sehr großen Massen so rasch exakt und erschütterungsfrei zu beschleunigen, für den Augenblick der Aufnahme festzuhalten, wiederum rasch wegzubringen, ließ alle von mehreren Autoren angestellten Versuche praktisch scheitern, dies mit einem ruckweisen Bewegen etwa eines Filmbandes durchzuführen. Die Lösung gelang (nach einer Idee von mir) meinem einstmaligen Mitarbeiter Amrhein, einem sehr tüchtigen Apparatekonstrukteur, dadurch, daß wir jeden Film einzeln aus einem oberen Magazin an einer geführten Kreisbahn um eine horizontale Achse einzeln schwingend in eine vertikale Lage gleiten ließen, wo er sich dem Objekt anlegte, von der Achse abglitt und vertikal nach unten in das untere Magazin glitt.

Die ganze Apparatur war vollautomatisch. Die einzelnen Filmkassetten lösten auf ihrem Weg die Bewegung der folgenden aus, aber auch die Entladung durch die Röhre. Die Filme waren in Strahlenschutz und nur im Expositionsaugenblick frei, wenn sie ihre Kreisbewegung beendeten, um sogleich die Vertikalbewegung zu beginnen[2].

Über 300 röntgenkinematographische Aufnahmen wurden von verschiedenen Autoren und mir selbst mit dem automatischen Einzelschlagverfahren und der «Plattenfallmaschine» in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg aufgenommen. Dann ging es mit dem Kriegsbeginn zu Ende mit diesen und anderen Entwicklungsarbeiten; als man nach mehr als zehn Jahren mühsam wieder begann, war die Technik völlig geändert. Es standen neue Wege offen. Aber die Qualität der alten Aufnahmen mit dem Einzelschlagverfahren war gut, und das Verfahren brachte neue diagnostische Möglichkeiten. Es genügt vielleicht, unter den überaus zahlreichen Arbeiten eine — etwa die von Alwens (Münchener med. Wochenschrift 14 [1911]) mit ihren 16 beigegebenen Bildern (die schlecht als Autotypien für sehr große Druckauflagen reproduziert sind) anzuführen. Das jetzige, durch Coolidgeröhre und Transformator mögliche Verfahren (z. B. von Janker in

[1] Näheres in den Arbeiten: Physik. Zeitschr. X, 859 (1909); XII, 14 (1911) und XIII (1912).

[2] Archiv für phys. Medizin u. med. Technik, IV, 3, S. 193.

[1] Das oben erwähnte Buch von Schwenter enthält S. 95 eine leider nicht sehr gute Wiedergabe des ersten Eijkmanschen Röntgenkinematogramms des Schluckaktes.

[2] «Röntgenaufnahmen in kurzen Zeiten», Verh. d. Deutschen Physik. Ges., XI, Nr. 20 (1909). Das erste Röntgenkinematogramm des menschlichen Herzens führte ich auf der 81. Versammlung deutscher Naturf. u. Ärzte in Salzburg, 22. September 1909, vor.

pnn weit entwickelt) benutzt optische Photographie
ön Leuchtschirmbildern, sogenannte indirekte Kine-
atographie. Die dabei stattfindende hohe Dosisbe-
stung des Aufnahmeobjekts, das einer kontinuier-
then, sehr intensiven Röntgenstrahlung ausgesetzt
ird, hat die Anwendung in der menschlichen Medizin
ohl bisher noch verhindert. Auch diese Studien, wie
e von Reynolds und van de Maele mit direkter
inematographie, hat der zweite Weltkrieg zum Still-
and gebracht[1]. In den Jahren 1914 und 1915 baute
uismans (Köln), an Eijkmans Arbeiten anschlie-
end, den Telekardiographen (Zentralblatt für Herz-
nd Gefäßkrankheiten, VII., Heft 16/17 (1915) auf, der
it Einzelschlagfernaufnahmen Messungen am leben-
en Herzen in seinen einzelnen Phasen zu machen er-
ubte und dem üblichen Verfahren der Orthodia-
raphie weit überlegen war.

Weil das Einzelschlagverfahren für das Studium der
orgänge im Induktor und in der (gashaltigen) Röhre
ewisse Vorteile bot (Wegfall des Unterbrechers, Aus-
chaltung der Änderungen des Röhrenzustandes),
enutzte es Déguisne, damals Direktor des Instituts
ür angewandte Physik an der Goethe-Universität in
rankfurt[2], um den Komplex der Induktorfragen neu
u prüfen. Er untersuchte mit Siemensoszillographen
en Primärverlauf des Stromes, die Magnetisierung
nd den zeitlichen Gang der Sekundärladung in der
gashaltigen» Röntgenröhre mit sehr interessanten Er-
ebnissen, die im Original nachgelesen werden müssen.

Eine letzte Verbesserung erfuhr der Funkeninduktor
och im Jahre 1921[3]. Aber sie drang nicht mehr durch,
enn inzwischen hatte bereits der Transformator mit
er Coolidgeröhre das Feld erobert.

Über die Unterschiede des Röhrenbetriebs mit In-
uktor und Wechselstromtransformator und die Gründe,
arum durch die Glühkathodenröntgenröhre die Ent-
cheidung zugunsten der letzteren fiel, kann ich hier nur
inige Andeutungen geben. Die gashaltige Röhre bietet
er rasch wachsenden Sekundärspannung des «Rühm-
orff» einen praktisch unendlichen Widerstand bis zu dem
ugenblick, da diese so hoch gestiegen ist, daß in der
Röhre Stoßionisation eintritt. Dann erst wird der Se-
undärstrom merklich und, da die sekundären Ampere-
indungen nach der primären Stromunterbrechung
m gleichen Sinne magnetisieren wie vorher der Primär-
trom, so hängt der weitere Verlauf der Entmagnetisie-
ung, damit der Sekundärspannung und des Energie-
achschubs, ganz vom Charakter der Röhre und den
Eigenschaften des Induktors (Dimension des Eisen-
erns, Streuinduktivität) ab. Im allgemeinen hat man
ls Ergebnis eine stromarme Vorentladung sehr hoher
Spannung (mit harter Röntgenstrahlung) und eine
achsende Stromstärke der Nachentladung bei sinken-
er Spannung. Ist das Induktorium gut dimensioniert,
o ist der Anteil intensiver, weicher Strahlung groß, und

[1] Vergleiche Einleitungsreferat über Röntgenkinematographie
nd Vorträge zum Thema auf dem Wiener Röntgenkongreß 1936,
bgedruckt in der Zeitschrift «Fortschritte auf dem Gebiet der
öntgenstrahlen» *56*, 1 (1937).

[2] Phys. Z., XV, S. 630ff. (1914).

[3] Steigerung der sekundären Energie beim Funkeninduktor,
hys. Z. XXII, 15, S. 425f. (1921).

es gibt sehr nuancierte Aufnahmen. In der *Coolidgeröhre* ist praktisch vom ersten Augenblick an der Widerstand begrenzt, da ja schon bei einer zur Scheitelspannung sehr geringen Teilspannung der Sättigungsstrom einsetzt. Infolgedessen entfaltet der Funkeninduktor beim Betrieb mit dieser Röhre niemals seine höchste Spannung. Der sofort mit beträchtlicher Stärke einsetzende Sekundärstrom verzögert das $\frac{d\Phi}{dt}$. Die Strahlung enthält die härtesten Komponenten nicht mehr, denn beim Funkeninduktor gibt es nach der Unterbrechung primärseits keinen Energienachschub, und die Spannung sinkt sofort ab. Deshalb wurden zunächst die Bilder schlechter, insbesondere «flau», kontrastärmer, als man Coolidgeröhren mit Farbeninduktoren betrieb.

Anders beim Transformator. Seine sekundäre EMK ist durch den festgelegten sinusförmigen Ablauf des magnetischen Flusses bestimmt. Beim Induktor wird im Idealfalle der zeitlosen Unterbrechung die sekundäre EMK unendlich und erst durch den Sekundärstrom begrenzt. Aber der Transformator hat, wenn seine sekundäre Streuinduktivität nicht zu groß ist, Energienachschub aus der Stromquelle. Seine Sekundärspannung ist nicht im gleichen Maße wie die des Induktors vom Sekundärstrom abhängig. Sie bricht nicht zusammen, wenn die Coolidgeröhre viel Strom nimmt, während die Sekundärspannung des Induktors dies tut.

Infolgedessen lassen sich die Verhältnisse beim Betrieb mit Transformator und Coolidgeröhre berechnen; die Abläufe sind übersehbar, wiederholbar. Und das gab schließlich den Ausschlag.

Die Einführung des Transformators zunächst in den diagnostischen Röntgenbetrieb geschah zuerst durch den Amerikaner Lemp. Anfangs war der Erfolg gering. Aber einige Jahre später von R. Koch, Dresden, und dem Amerikaner Snook mit Verbesserungen versehen, eroberten diese Maschinen in den letzten Jahren vor dem Weltkrieg einen Platz neben dem alten «klassischen» System. Die Gleichrichtung geschah zuerst mechanisch in mancherlei Ausführungen, später nach Coolidges Erfindung immer mehr mit Glühkathodenventilen. Besonders bemerkenswerte Konstruktionen traten hierbei nicht auf. Aber es erschien um diese Zeit ein neues großes Problem der Röntgenologie, und dessen prinzipielle Lösung führte zu erheblichen technischen Fortschritten, die z. T. der ganzen Elektrotechnik zugute kamen:

Leopold Freund in Wien hatte sehr bald nach der Entdeckung Röntgens, durch Hautschäden als Bestrahlungsfolgen aufmerksam gemacht, die Therapie von Hauterkrankungen mit Röntgenstrahlen eingeführt. Im Laufe der Zeit stellte es sich heraus, daß auf diese Weise maligne Neubildungen auf der Oberfläche, insbesondere Hautkarzinome, mit Erfolg behandelt werden konnten, und es ergab sich die Frage, ob man auch tiefliegende Tumoren günstig beeinflussen könne.

Die Frage wurde damals allgemein und von autoritärer Seite verneint. Denn stets muß ja die Strahlung die oberflächlichen, näher gelegenen Körperschichten passieren, und hier wird die Absorption

der Strahlung und infolgedessen die Wirkung größer sein, einmal weil sie der Strahlenquelle näher liegen, sodann weil die weichen Komponenten vorzugsweise an der Oberfläche absorbiert werden (Filtereffekt). Die Halbwertschicht der Strahlung eines damaligen Apparates war ein bis einige Zentimeter Wasser. Also war es sicher, daß zur Gabe einer genügenden Tiefendosis eine lebensgefährliche Oberflächenschädigung hätte in Kauf genommen werden müssen.

Ein ärztlicher Mitarbeiter, Dr. Paul C. Franze, veranlaßte mich, dieses Problem, das auf den ersten Anblick wenig aussichtsvoll schien, genauer zu prüfen. Die Lösung erscheint heute trivial. Daß es damals anders war, zeigt der Sturm von Widerspruch, Mißtrauen und Warnung, den meine ersten Arbeiten hierüber erregten.

Die Lösung bestand in der gemeinsamen Ausnützung der physikalischen Möglichkeiten. Einmal Erzeugung einer möglichst harten Strahlung durch hohe Spannung, hochevakuierte («harte») Röhren und Vorfiltrierung durch schwerere Filter (größere Atomgewichte als die der Körperbestandteile). Die benutzte Strahlung sollte so hart sein, daß im Körper selbst keine Filterwirkung durch die Oberfläche mehr zustande käme, mit andern Worten, sie sollte in bezug auf die Absorption in den Körperorganen «praktisch homogen» sein. Ferner wurde die Entfernung der Strahlenquelle vom Körper so gesteigert, daß die Wirkung des Gesetzes der quadratischen Abnahme nicht mehr beträchtlich war. Die Tiefe der Körperschicht soll klein gegen den Gesamtabstand sein. Diese beiden Mittel konnten aber nur eine Annäherung der Tiefendosis an die Oberflächendosis bringen. Das dritte Mittel war die Wahl mehrerer Eintrittsrichtungen in den Körper, was man später «Kreuzfeuermethode» nannte. Dadurch konnte die Tiefendosis auf die Höhe der Oberflächendosis gebracht und in günstigen Fällen darüber hinaus gesteigert werden.

Die in den Jahren 1904 und 1905 begonnenen Studien und Versuche wurden unter dem Namen «Homogenstrahlungsmethode» bekannt. Der Name hatte seinen Ursprung aus folgenden Grundvorstellungen: Verschiedene Gewebsarten, aber auch pathologische Gebilde, haben gegen Strahleneinfluß eine *verschiedene* Empfindlichkeit. Die Chance der Therapie besteht darin, diese Differenz der Empfindlichkeit auszunützen. Der Unterschied kann aber nur dann vollständig in Erscheinung treten, wenn die normalen, manchmal weniger empfindlichen Zonen nicht etwa mehr Strahlung absorbieren als die zu schädigenden pathologischen, sondern vielmehr unter gleichen Bedingungen bestrahlt werden, d. h. die gleiche Strahlenart (Vermeidung der Filterwirkung) und von ihr (mindestens) die gleiche Menge der Strahlung erhalten. «Qualitativ homogen» in bezug auf den Körper nannte ich eine Strahlung, die von den verschiedenen Geweben gleichmäßig absorbiert wird (d. h. praktisch gleichen Absorptionskoeffizienten, Ausschluß von Filterwirkung durch die Gewebe) und «räumlich homogen» durchstrahlt eine Zone, in der die Intensität der Strahlung praktisch gleich war. Auf diesen Gedankengängen baute sich die Tiefentherapie mit Röntgenstrahlen auf.

Die ersten Arbeiten über den prinzipiellen Lösungsweg und über die ersten längeren Versuchsreihen erschienen in den Jahren 1905—1908. Die technischen Anfangsschwierigkeiten waren überaus hoch. Die erste Versuchsanlage war in der Czernyschen Klinik in Heidelberg in den Jahren 1905/06 in Betrieb. Die Röhren, mit gleichgerichtetem Wechselstrom betrieben, waren an Decke und Fußboden angebracht, so daß die Abstände auf einen bis einige Meter stiegen. Die Bestrahlungsdauer mit der filtrierten harten Strahlung betrug mehrere Tage hindurch im ganzen mehrere hundert Stunden, bis eine manchmal überraschend günstige Wirkung eintrat.

Die Arbeiten wurden hauptsächlich gemeinschaftlich mit Gynäkologen in den Frauenkliniken von Veit, Halle[1], Bumm, Berlin[2] und in zahlreichen anderen aufgenommen. Auf Veranlassung von Veit kontrollierte der Physiker von Halle, Dorn, an der Apparatur meine Angaben und bestätigte sie. Natürlich gab es eine Menge Streit[3]. Für die Röntgentechnik ergab sich aber folgende neue Lage:

Als man, insbesondere nach der Laueschen Entdeckung (1912) nicht nur die Natur der Röntgenstrahlung, sondern auch die Zusammenhänge zwischen Strahlenhärte und Spannung erkannte und die Röntgenspektroskopie überall Anwendung fand (z. B. technisch zur genaueren Kontrolle der Höchstspannung durch die kurzwellige Grenze der Bremsstrahlung), andererseits mehr Erfahrungen aus dem klinischen Dauerbetrieb besaß, ergab sich die Notwendigkeit, den elektrotechnischen Teil des Tiefentherapieapparates auf neue Grundlagen aufzubauen. Früher waren die Apparate für Durchleuchtung, Aufnahme und Oberflächentherapie bei mäßigen Spannungen jeweils einige Minuten in Betrieb. Jetzt sollten sie stundenlang ohne Pause arbeiten, und die Spannung sollte dabei etwa 200 kV betragen. Kein Induktor und kein damaliger Transformator ließ eine solche Dauerbelastung zu. Transformatoren für 200 kV gab es zwar bereits in der Starkstromtechnik, aber sie waren viel zu groß und zu kostspielig. Die weit geringeren Ansprüche des Röntgenbetriebes an Leistung hätten die Kosten der damaligen Bauweise nicht

[1] «Beiträge zur Bestrahlung tiefliegender Prozesse», Med. Klinik *21* (1905). «Eine neue Anwendung der Röntgenstrahlung», Verh. d. Dtsch. Phys. Ges., IX, 3 (1907). Münchner med. Wochenschrift *24* (1908) und mehrere weitere.

[2] «Die Nachbehandlung operierter Karzinome mit homogener Bestrahlung», Berliner klin. Wochenschrift *11* (1908). «Zur Tiefenbestrahlung mit Röntgenstrahlen», Münchner med. Wochenschrift *14* (1909) u. a.

[3] Vgl. zum Beispiel Dtsch. med. Wschr. *15* (1908), «Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlung», XIII (1909).

genügend erniedrigt, da der Isolationsanspruch der gleiche blieb.

So entstanden die ersten Transformatoren mit Potentialsteuerung[1]. Man konnte auf diese Weise Übersetzungsverhältnis und Isolation getrennt behandeln. Ein Transformator für 200 kV z.B. konnte, wie nach Wunsch, so gebaut werden, daß keine Wicklung für mehr als 50 oder 25 kV isoliert werden mußte. Die *Beanspruchung* war unterteilt und gesteuert[2]. Das Prinzip ist mit Modifikationen z.B. von Petersen und Welter in die allgemeine Elektrotechnik übergegangen. Heute wissen wenige mehr, daß es aus der Röntgentechnik stammt, und die Einsprüche, die es damals fand, sind kaum mehr zu verstehen. Die ersten Transformatoren dieser Art für Starkstromtechnik wurden in Europa von Siemens & Halske, Koch & Sterzel, Dresden und Emil Haefely AG., Basel, gebaut. In USA. übernahm Westinhouse & Co. die Baurechte.

Mit dieser Bauweise konnte der Klinik zu geringem Preise ein betriebssicherer Transformator für Dauerbeanspruchung gegeben werden. Die Tiefentherapie nahm starken Aufschwung. Eine Übersicht über den Stand der Technik der potentialgesteuerten Transformatoren, die sehr viel Anwendung als Prüftransformatoren fanden, ist in der elektrotechnischen Zeitschrift 44, Heft 51 (1923) gegeben. Dort ist auch der erste Transformator für 1 Million Volt Spannung beschrieben, der je gebaut wurde. Er fand im Frankfurter Universitätsinstitut für physikalische Grundlagen der Medizin (jetzt Kaiser-Wilhelm-Institut für Biophysik) Aufstellung. Freilich, solche Rekorde werden rasch gebrochen, und heute bietet der Bau eines Transformators auch für einige Millionen Volt keine sehr erheblichen Schwierigkeiten mehr.

Das Tiefentherapiegebiet entwickelte sich nach dem ersten Weltkrieg zu einem großen Teilgebiet der Radiologie, und es gibt heute kaum mehr Krankenhäuser ohne solche Anlagen. Gemeinsam mit Chirurgie, Radiumtherapie und neuerdings der Kontaktröntgentherapie ist die Tiefentherapie in der Hand gut ausgebildeter Radiologen die Waffe gegen maligne Tumoren, die vielleicht furchtbarsten Krankheitsformen der Gegenwart. Den Stand der Röntgentiefentherapie mit Röntgenstrahlen um 1918 habe ich auf Wunsch des bekannten Gynäkologen Bumm, Berlin, im Archiv für Gynäkologie dargestellt[3].

Röntgen *selbst* hat die Grundlegung und die ersten Versuche mit der Tiefentherapie noch erlebt und zeigte sich bei einem Besuch, den ich ihm machte, interessiert und gut unterrichtet. In meiner Röntgenbiographie habe ich davon erzählt.

5.

Eine große Fülle von Arbeiten leistete die Röntgentechnik auf dem Gebiete der Meßmethoden, und es ist unmöglich, hier einen Überblick über sie zu geben. Es handelte sich um Spannung, Strom und zeitlichen Ablauf im Sekundärkreis, um «Härte», Komponenten und Grenzen des austretenden Strahlengemisches, um Gesamtintensität und Einzelintensitäten, endlich um die «Dosis», d.h. das im Körper Wirksame. Eine Droge kann man, wenn ihre Zusammensetzung bekannt ist, mit der Apothekerwaage «dosieren». Von der komplexen Röntgenstrahlung kannte man die Zusammensetzung keineswegs, und es mußte dennoch ein Meßverfahren gefunden werden, das durch seine Angaben eine Voraussage über die zu erwartende biologische Reaktion zuließ. Dazu kamen Probleme wie diese, ob bei zeitlicher Erstreckung der Bestrahlung ein Schwarzschildscher Faktor auftritt, ob es Schwellen gibt, ob harte und weiche Strahlung biologisch dasselbe Medikament sei oder qualitativ verschieden wirke. Und da man den biologischen Wirkungsmechanismus erst später durch die Anwendung der Quantentheorie auf das biologische Medium einigermaßen erkennen konnte, so war die Problemlage noch schwieriger. Die Anwendung der Planckschen Theorie auf das biologische Medium erfolgte erst 1922, auch unter heftigem Widerspruch. Über das so entstandene neue, aber rasch voranschreitende Gebiet der Quantenbiologie habe ich in meiner Röntgenbiographie[1] einen kurzen Rückblick gegeben und verzichte daher, hier darauf einzugehen. In der Fußnote sind die ersten Arbeiten der Quantenbiologie angeführt[2].

Die vielfachen Versuche der qualitativen und quantitativen Strahlenmessung und Dosierung mündeten schließlich fast alle in ionometrischen Messungen, die, soweit ich feststellen konnte, zuerst von Szillard in die Röntgentechnik eingeführt wurden. Es haben sich mehr als hundert Physiker und Techniker um die Entwicklung dieser Methode zur qualitativen und quantitativen Dosierung verdient gemacht[3].

Noch umfangreicher und darum ebenso unmöglich für die Darstellung in einer Rückschau wie diese ist das Gebiet der Zubehörteile, der Schutzmaßnahmen, Durchleuchtungs-, Aufnahme- und Therapiegeräte, Wiedergabeapparate, Hilfsmethoden. Aus buchstäblich Tausenden von Arbeiten will ich eine einzige erwähnen, weil sie vor einiger Zeit durch einen Schweizer Autor (Hopf) wieder aufgegriffen worden ist: das

[1] «Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen», Verh. d. Dtsch. Physik. Ges., XIX, 17/18 (1917).

[2] Vgl. auch Eduard Welter, «Über einen neuen Hochspannungstransformator nach Dessauer für sehr hohe Spannungen». Elektrotechn. Z. *38/39* (1918). P. Czermak, Naturwiss. *12* (1918). W. Hess, Bull. SEV *5* (1921). Vogelsang, Elektrotechnik und Maschinenbau, Bd. 36, S. 169 (1918).

[3] «Grundlagen und Meßmethoden der Tiefentherapie mit Röntgenstrahlen», Archiv für Gynäkol., Bd. III, Heft 2.

[1] «Röntgen», S. 193ff. (Bei Otto Walter in Olten, 1945).

[2] «Über einige Wirkungen von Strahlen», Mitteilungen 1—7, beginnend (1922). Z. f. Physik, XII und folgende.

[3] Einen Überblick über den Stand um 1918 gibt die obengenannte Arbeit «Grundlagen und Meßmethoden der Tiefentherapie mit Röntgenstrahlen», Archiv für Gynäkol., 111, 2.

stereoskopische Sehen bei der Röntgendurchleuchtung. Der erste, der dies durchführte, war Hans Boas (der Erfinder des Turbinenunterbrechers). In einem Aufsatz «Arbeiten auf dem Gebiete der Wechselstrommaschine und des Einzelschlages» in der Zeitschrift «Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen», Bd. XX, ist auf Seite 371 der von Berger in meinem Laboratorium vor 20 Jahren entwickelte Apparat zum stereoskopischen Durchleuchten beschrieben. Eine Entladungsröhre war als Doppelröntgenröhre ausgebildet, d.h. die Röhren kommunizierten, um gleiches Vakuum und gleiches Verhalten sicherzustellen. Die Antikathoden standen parallel in etwas mehr als Augenabstand. Ein mechanischer Gleichrichter verteilte die Halbwellen der Wechselstromhochspannung auf beide Röhren so, daß bei 50 Perioden jede Röhre in der Sekunde 25mal aufleuchtete. (Höhere Frequenzen wurden von gashaltigen Röhren nicht gut vertragen.) Ein Synchronometer öffnete und schloß abwechselnd im gleichen Rhythmus die Augen des Beobachters. Das wegen der hohen Frequenz flimmerfreie Bild war gut körperlich, und dieser Eindruck verstärkte sich, wenn das Objekt sich bewegte.

6.

Die Röntgentechniker und Röntgenphysiker waren fleißige Leute. In der hier skizzierten Entwicklungszeit von 1896 bis etwas nach dem ersten Weltkrieg, also der ersten fünfundzwanzig Jahre, sind weit mehr als zehntausend Veröffentlichungen auf diesem Gebiet erschienen. Jetzt steht diese Technik auf solider wissenschaftlicher Grundlage. Aber damals mußten wir alle auf ungeklärtem Terrain arbeiten.

Es geht bei einem solchen Rückblick, der aus eigenem Schaffensraum gehalten wird, nicht ohne das Erlebnis ab, das Goethe im Westöstlichen Diwan als «Stirb und werde» bezeichnete. Ein immer wiederholtes Beginnen, Erobern und Verlieren ist jeden Forschers und Technikers Los, und niemand kann später die Vielfalt der Zusammenarbeit übersehen, die den «Stand» dieser späteren Zeit erbaut hat. Wie wenig von dem, was ich erlebte, kann ich berichten, wie wenige von den Tüchtigen, die einst dabei waren und von denen viele den Strahlentod erlitten, auch nur erwähnen. Wie viele Resultate, einst Grund zu berechtigter Freude, sind überholt und damit windverweht, so wie Röntgen in seiner Gedächtnisrede an Friedrich Kohlrauch selbst gesagt hat.

Nun, das Leben ist ein tägliches Abschiednehmen; man soll es dankbar tun und herzhaft zum nächsten schreiten, das aufgegeben ist.

Summary

The achievements of the technics of X-rays since their discovery are described, the stress being laid on the work of the pioneers in the beginning. The true nature of the X-rays then still being unknown, they were nevertheless wanted for diagnostical purposes, and so physicians and scientists were met with a lot of very difficult problems, some of which are described more in detail, especially the development of the X-ray tubes, the inductors and the transformers. Another set of theoretical and experimental problems posed itself, when the healing of cancerous tumors within the human body had to be tried without damaging the skin. In using all physical possibilities also this could be achieved; for the practical realization a new transformer for high tensions had to be constructed. — Other questions, f.i. the doses to be applied and the stereoscopical methods are also hinted at.

50 ans de radiologie médicale[1]

Par E. A. Zimmer, Fribourg

Il y a 50 ans Wilhelm Conrad Rœntgen a découvert des rayons invisibles qu'il appela rayons X. Le champ d'application de cette découverte s'est étendue progressivement d'une façon étonnante et a intéressé tour à tour les domaines les plus divers: métallurgie, cristallographie, recherches de microstructure, histoire de l'art (identification de falsification picturale) et – avant tout – la Médecine. C'est ici précisément que le rôle des rayons X est le plus particulier et le plus indispensable. Les mêmes rayons servent au diagnostic de la maladie et au traitement du malade.

Nous désirons tout d'abord envisager la première de ces applications, celle qui concerne le *diagnostic*. Nous éviterons une énumération schématique de toutes les possibilités d'une identification radiologique de la maladie. Le diagnostic radiologique est étroitement lié à l'établissement d'une méthode, mais dépend aussi dans une si large mesure du degré de perfectionnement de l'appareillage technique que nous nous efforcerons de donner quelques précisions sur ce point. Nous distinguerons en effet 5 groupes de méthodes:

1° Méthodes tendant à la réduction du temps de pose.
2° Méthodes de représentation stéréoscopique.
3° Méthodes d'agrandissement ou de réduction des clichés.
4° Méthodes de fixation radiologique de diverses phases d'un mouvement.
5° Méthodes impliquant l'emploi d'une substance de contraste.

[1] Leçon inaugurale, donnée le 8 novembre 1945, à l'Université de Bâle (en langue allemande).

Dès les premiers jours de l'utilisation des rayons œntgen on a attribué une importance particulière à *réduction du temps d'exposition des clichés*. Le temps prise qui au début s'exprimait en minutes, devait jà absolument être réduit. La solution de ce problème capital fut trouvée, d'une part grâce à des amérations dans le domaine de la technique photographique[1], et d'autre part grâce à des progrès dans la nstruction des tubes de Rœntgen et des appareils diologiques.

La plaque *photographique* émulsionnée sur une face ulement fut remplacée par le film à double couche nsible dont les contrastes superposés doublaient l'effet photographique. Mais la couche sensible du film, ême doublée, n'était encore qu'un transformateur fectueux de l'énergie rœntgénienne. On améliora ce ndement en employant des écrans renforçateurs, uilles de carton recouvertes d'une couche de tungstate calcium, entre lesquelles le film sensible était inré. Les rayons X excitent la fluorescence du tungstate calcium, fluorescence dont l'action seule impresonne le film, alors que l'effet direct du rayonnement est relativement négligeable. L'effet renforçateur de s écrans est considérable: il permet de réduire d'envion $^{9}/_{10}$ le temps de pose que nécessite la prise d'un cliché, ns artifice de renforcement. Mais cet avantage ne va s sans un grave inconvénient, celui de diminuer senblement la finesse des images, d'augmenter le flou s clichés, l'imprécision des structures. L'exemple des ichés de trabécules osseux est particulièrement déonstratif à ce sujet.

La comparaison de deux radiographies prises avec et ns écran renforçateurs montre que la rapidité de ise est obtenue aux dépens de l'acuité du dessin. De fait nous avons aujourd'hui encore recours au film ns écran (*Sinofilm*) pour l'examen de l'état des tracules osseux où l'extrême brièveté de la pose n'est s nécessaire. Par contre nous utilisons les écrans renrçateurs pour fixer les images fugaces, par exemple ur la radio des phases d'évacuation stomacale.

Le perfectionnement des *ampoules de Rœntgen* a ssi contribué à la réduction du temps d'exposition. our obtenir cette réduction, il importe que la surface e l'anticathode destinée à recevoir le bombardement ectronique (et que l'on appelle le foyer thermique) it aussi grand que possible.

Le seuil de charge spécifique pour tous les tubes à ungstène indistinctement, correspond à 200 watts ar mm² pour une exposition d'une seconde. Nous enons de dire que le foyer thermique doit être aussi rand que possible; par contre le foyer optique dont épend la netteté des images devra être aussi petit que ossible. Pour cette raison on construisit une anticathode tournante discoïdale. La surface bombardée du isque, seule productrice de rayons X, reste fixe dans l'espace. D'autre part le mouvement tournant de ce disque permet à la surface bombardée d'être constamment renouvelée, ce qui a pour résultat évident de diminuer la charge calorifique de la surface active.

Ainsi, dans ce système, la surface supportant l'effet calorifique, est de 540 mm². Dans les systèmes à anticathode fixe elle était seulement de 50 mm². Le résultat est non seulement meilleur du point de vue thermique, mais aussi du point de vue optique. Ceci parce qu'une plus petite surface active peut être utilisée, grâce à l'augmentation du seuil de charge électronique spécifique.

D'autre part, on constate que les grands *appareils de radiographie* sont soumis à des chutes de tension importantes dues aux hautes charges imposées par l'extrême brièveté du temps d'exposition. Ceci amène, lorsqu'on ne dispose au primaire que d'une faible puissance, de grosses difficultés pratiques. Il a fallu forcément tenir compte, dans la construction des appareils, des conséquences de ces difficultés. On a résolu le problème par l'emploi d'appareils à condensateurs. Ceux-ci sont chargés de telle façon que l'on dispose au moment de l'exposition de toute l'énergie mise en réserve. Grâce à cette décharge des condensateurs, les puissances élevées permettent les plus rapides instantanés. Du même coup on ne dépend plus des variations du secteur.

Le temps de recharge des condensateurs présente un inconvénient dans le cas d'expositions, se succédant à bref intervalle. Ces appareils modernes permettent de réaliser des temps d'exposition de l'ordre de trois millièmes de seconde.

L'*application pratique* de ces courtes expositions est surtout limitée à l'examen du cœur et des vaisseaux. On peut ainsi déceler, malgré les mouvements du cœur, des calcifications de l'appareil valvulaire et même de fins dépôts dans les vaisseaux coronaires. Ces expositions extrêmement courtes sont, abstraction faite des indications sus-citées, inutiles à atteindre.

Par exemple, dans l'examen des poumons, il importait déjà de réduire le temps de pose, de façon à éliminer le flou consécutif aux mouvements; mais il n'était nullement nécessaire d'atteindre ces chiffres maxima. A partir d'un certain seuil on ne peut plus parfaire le résultat. Nous pouvons désormais nous permettre le luxe d'employer, au lieu des écrans renforçateurs à grande puissance, des écrans qui nécessitent un temps d'exposition plus important, mais qui donne alors une plus grande netteté des images.

Il est aujourd'hui certain que l'image radiologique du poumon correspond aux vaisseaux pulmonaires dont l'état de réplétion est fonction de la phase cardiaque. Il est dès lors souhaitable que l'exposition se fasse à la fois, dans un même temps respiratoire et dans la même phase cardiaque.

Pour l'examen cardiaque, le temps le plus propice est la diastole, moment de la dilatation maxima. Pour

[1] J. Eggerth: Einführung in die Röntgenphotographie. Verlag . Hirzel, Leipzig (1936).

fixer de façon précise une phase cardiaque ou pulmonaire on emploie l'électrocardiographe cathodique de Liechti[1].

On est ainsi indirectement amené à un deuxième grand chapitre de l'examen radiologique, à savoir la *Radiostéréoscopie*. Il est indispensable, pour l'obtention de deux clichés que demande la stéréographie pulmonaire, de saisir chaque fois la même phase cardiaque et pulmonaire.

Le *Stéréoskiagraphe*[2] de Hasselwander nous permet, au moyen du stéréoscope à miroir de Wheatstone, d'obtenir l'impression d'espace; à tel point que nous pouvons retrouver par une petite marque lumineuse rouge chaque point de l'espace. Chacun de ces derniers peut être fixé sur un fond.

Si la stéréographie est parvenue à un haut degré de perfectionnement, il n'en va pas de même en ce qui concerne la *Stéréoscopie*[3]. Les méthodes jusqu'ici utilisées consistent toutes en fait, à employer un appareil à 2 tubes s'allumant l'un après l'autre, selon les alternances du courant (à 50 périodes).

Ainsi il ne sera jamais donné à l'observateur de regarder avec ses deux yeux simultanément. L'effet stéréoscopique, résultat de la rapide succession des images, s'avère excellent, quand il s'agit d'examiner des objets complètement immobiles; il est moindre ainsi pour ce qui est de l'examen d'organes présentant des mouvements brusques. Il échoue dans le cas de personnes corpulentes. L'imprécision de l'effet stéréoscopique est due, d'une part aux rayons secondaires, d'autre part il ne faut pas sous-estimer la conséquence de la fluorescence résiduelle de nos écrans. Du fait de la succession rapide des images, cette fluorescence résiduelle tend à en diminuer la netteté. On est en train de mettre au point des modèles susceptibles de surmonter ces difficultés. Il est à prévoir que le but sera atteint. De tels appareils, qui permettent un examen stéréoradioscopique, s'ils ne font que faciliter le diagnostic pulmonaire, sont par contre indispensables au diagnostic des maladies de l'intestin grêle.

A cette étude stéréoscopique appartient aussi le problème de l'examen isolé d'un plan de l'objet, réalisable au moyen de deux méthodes entièrement différentes.

La première méthode, la «*radiographie de contact*»[4], ne donne qu'une possibilité d'observation limitée aux régions du corps très proches du film. Le foyer du tube de Rœntgen sera amené aussi près que possible de l'objet. Ainsi les parties de l'objet distantes de l'écran seront agrandies, floues et peu apparentes, alors que les parties voisines se verront en grandeur naturelle, nettes et bien délimitées.

Les clichés ainsi obtenus sont susceptibles d'une modification qui améliorera l'image définitive: On prend deux vues sur le même film en déplaçant légèrement le tube pour le deuxième cliché[1].

Par cette «*double exposition au contact*», qui ne demande aucune installation supplémentaire, on réussit par exemple, à isoler le sternum et ses articulations, en évitant les superpositions gênantes des ombres costales et pulmonaires.

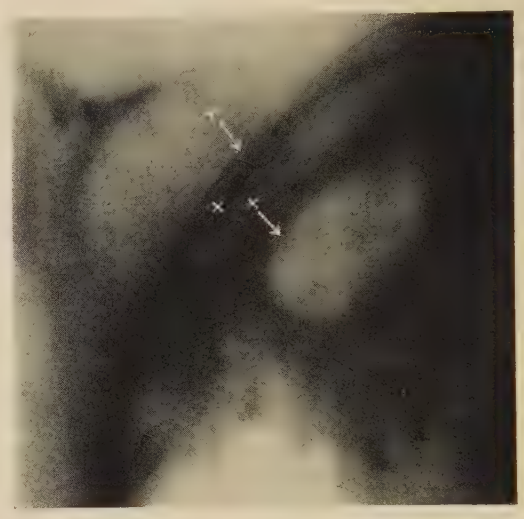


Fig. 1. Tomographie d'une affection tuberculeuse du lobe pulmonaire supérieur droit. × côtes; × × caverne tuberculeuse.

La deuxième méthode a un champ d'application beaucoup plus vaste. C'est une représentation d'un plan du corps, appelée aussi *Tomographie*, *Stratigraphie*, ou «procédé d'examen en coupes[2]». On réussit ainsi effectivement à isoler chaque plan voulu du corps sans être gêné par les régions sus- et sous-jacentes.

Le principe de cette méthode est basé sur le mouvement contraire du tube et du film: ceux-ci sont reliés par un levier à deux bras, dirigé à volonté. Toutes les régions du corps se trouvant dans le plan à explorer se projettent pendant toute la durée du mouvement sur le même endroit du film, ce qui les rend clairement visibles.

Tous les points de l'objet situés en dehors de ce plan se projetteront suivant une direction variable au cours de la rotation; au lieu de dessiner des points, il formeront des lignes, estompées, à peine visibles. Le plan à isoler peut être modifié à volonté, de façon à permettre un examen à toutes les profondeurs. Dans l'examen pul-

[1] Ad. Liechti: Rad. Clin. *10*, 148 (1941); A. Eggli: Rad. Clin. *8*, 51 (1939).

[2] Hasselwander: Stereographie. Thieme, Leipzig; Singer: Amer. J. Roentgenol. *43*, 138 (1940).

[3] Bardon J.: Bull. et Mém. soc. Electroradiol. méd. France *27*, 596 (1939); Snow: Amer. J. Roentgenol. *42*, 143 (1939); Hopf: Rad. Clin. XII. 65 (1943).

[4] Lauven: Röpra *5*, 602 (1933).

[1] E. A. Zimmer: Das Brustbein und seine Gelenke, Verlag Thieme, Leipzig (1939).

[2] Vallebona: Stratigraphie, Verlag Poggi, Rom (1938); Greineder: Das Schichtbild der Lungen, der Tracheobronchialkammer und des Kehlkopfes. Verlag Thieme, Leipzig (1941).

onaire pré-opératoire ce procédé a une valeur partilièrement grande (fig. 1).

Nous employons, en notre service, ce moyen d'investgation pour l'examen de l'articulation coxo-fémorale. usqu'à présent il était par exemple impossible de difrencier de petites esquilles arrachées au sourcil cotyïdien et l'os acetabuli, ce qui est exigé en expertise. ors des examens du rachis, les foyers d'ostéite tu-

Radiographie Tomographie Photographie

Fig. 2

erculeuses atteignant les dimensions d'un noyau de erise ne sont pas décelables sur une radiographie ordiaire. Elles le sont par contre d'emblée par la méthode omographique que l'on vient d'étudier (fig. 2).

Le troisième chapitre de notre exposé traitera des *méthodes d'agrandissement et de réduction des clichés*. Disons tout de suite que la *microradiographie médicale* fait encore partie du domaine des rêves. Cependant, nous attirons l'attention sur deux expériences de technique microradiographique, peu connues chez nous; elles méritent une mention spéciale (fig. 3).

Vallebona[1] fait passer un faisceau de rayons X à travers un petit trou placé à quelque distance du foyer. Il obtient ainsi une divergence des rayons et des images nettes, ce qui est l'équivalent d'un agrandissement.

Fig. 3. «Radiomicroscopie»
Toutes les radiographies ont été effectuées avec la même distance [50 cm DFF].)
a radiographie normale;
b radiographie avec une distance objet-film de 30 cm;
c même technique que sous *b*, mais principe de Vallebona;
d méthode de Heckmann.

Heckmann[2] à son tour obtient l'agrandissement en faisant passer les rayons, sortant de l'objet à travers une plaque opaque mobile, pourvue de fentes étroites. Les rayons ayant traversé ce diaphragme viennent frapper le film. Film et diaphragme sont animés de mouvements en sens contraire.

Les méthodes visant à la *réduction des clichés* bénéficièrent d'un progrès beaucoup plus considérable. Elles sont connues sous le nom de «*Schirmbildverfahren*» ou *examen radiophotographique*[3]. L'image pulmonaire est photographiée en même temps qu'une carte de contrôle par un appareil de format $2{,}4 \times 2{,}4$ cm (ou 6×6 cm). La sensibilité du film photographique est adaptée à la longueur d'onde de la fluorescence de l'écran. Toute l'opération peut être accomplie à la lumière naturelle. L'automatisme dans ce procédé est poussé à tel point que l'on peut examiner 200 personnes par heure avec un rendement excellent. L'inconvénient est ici, pour ainsi dire, la trop grande netteté qui fait ressortir des détails de structure pulmonaire souvent sans importance.

Nous abordons maintenant le quatrième point de notre exposé, à savoir l'étude des *méthodes de fixation radiologique de diverses phases d'un mouvement*. En radiographie la plus simple représentation du mouvement est le *polyisogramme*. On photographie, par exemple, les mouvements péristaltiques de l'estomac

[1] Vallebona: Liguria Med. 1928, 3. Riv. di Rad. *1* (1930).
[2] Heckmann: Fortschr. Röntgenstr. *60*, 144 (1939).
[3] Holfelder-Berner: Atlas des Röntgenreihenbildes des Brustraumes. Fortschr. Röntgenstr. Erg.-Bd. 59 (1939); Heisig: Beitr. Klin. d. Tuberk. *93*, 353 (1939); Kathleen-Clerk u. a.: Mass miniature Radiographie, London: His majestic's Stationary Office (1945); Trail u. a.: Mass Min. Radiographie. Verlag Churchill (1943).

deux (ou trois) fois de suite en apnée sur le même cliché. Aux endroits animés de mouvements péristaltiques les différentes contractions sont reconnaissables, grâce à un double contour qui n'existe pas dans les zones rigides.

La *radiocinématographie* (méthode directe de DESSAUER ou indirecte de JANKAR[1]) est encore difficilement applicable à l'homme à cause de la quantité énorme de rayons qu'elle nécessite et de l'effet physiologique correspondant.

Une forme spéciale de la cinématographie est la *Kymographie*[2]. Ici on interpose entre l'objet et le film une grille de plomb à fentes parallèles, larges de 1 mm et distantes de 12 et 36 mm. N'impressionnent la pellicule sensible que les rayons qui ont traversé les fentes. Pendant l'exposition on déplace soit la grille soit le film d'une distance correspondant à l'intervalle séparant deux fentes. De cette façon nous obtenons de nombreuses images correspondant aux rayons ayant traversé les fentes. Cette kymographie est surtout employée dans les examens cardiaques. On peut, en tenant compte de certaines restrictions, tirer des conclusions sur des modifications pathologiques de la contraction cardiaque, grâce à la forme des pointes qui en résultent sur le cliché. WELTZ, cependant, a montré ce qu'on pourrait en tirer pour l'examen gastro-intestinal.

Le dernier point de notre classification était l'*étude de l'emploi d'une substance de contraste.*

La méthode la plus utilisée est ici l'administration d'une bouillie barytée pour la mise en évidence du *tube digestif*. Il faut noter, à ce point de vue, la faible importance accordée jusqu'ici à l'examen radiologique de l'intestin grêle, bien que celui-ci joue un rôle capital dans la résorption.

Les tentatives d'examen de la *vésicule biliaire* au moyen du phénolphtaléinate de sodium tétra-iodé échouèrent souvent jusqu'à présent, à cause de l'effet laxatif de ce corps. Par l'emploi du Biliselectan, dans la formule duquel la phénolphtaléine est remplacée par l'acide propionique, on obtient d'excellents résultats de remplissage.

L'hépatosplénographie[3], image du *foie* et de la *rate*, n'est pas en faveur, quoique la technique en soit facile. Il est vrai que sa valeur diagnostique est bien faible. Les formes et les changements de volume peuvent être plus facilement décelés par d'autres méthodes. Malheureusement, il n'existe pas encore de moyens radiologiques pour examiner le pancréas, les surrénales et quelques autres glandes endocrines. Ceci serait cependant d'un vif intérêt.

Pour le *rein* le problème est plus simple. Quelques minutes après une injection intraveineuse, on réussit à représenter tout le système rénal. Pour les études morphologiques on introduit de plus, à l'aide d'une sonde, une substance opaque par l'urètre.

L'examen de l'*utérus* et des *trompes*[1] s'avère souvent nécessaire lors d'une stérilité ancienne. On constate parfois que cette stérilité cesse après l'examen; ceci est probablement dû au fait que le liquide employé a ouvert un passage primitivement obstrué. Cette méthode sert en outre à délimiter les organes génitaux de la femme par rapport au petit bassin[2]. La représentation du contour du *foetus dans l'utérus*[3] a aussi pu être obtenue. Une prévision du sexe avant la naissance est ainsi théoriquement possible. Pour des raisons diverses cette méthode ne s'est pas généralisée, à cause du danger inhérent à l'emploi des rayons sur une femme enceinte.

A l'examen pulmonaire, on injecte parfois dans les *bronches* une substance opaque, pour mettre en évidence une variation pathologique de leur calibre. Le problème serait très facilité par la découverte d'un gaze opaque susceptible d'être inhalé. S'il s'agissait de faire inhaler un gaz toxique, nul doute que le problème eût été résolu de longue date!

L'examen vasculaire des poumons a déjà été entrepris à l'étranger; il n'est cependant pas encore entré dans le cadre de la pratique journalière.

Par contre, l'opacification des vaisseaux cérébraux est courante (*artériographie cérébrale*). En effet, le cerveau présente parfois des tumeurs ainsi que des dilatations de ses artères, qui peuvent ainsi être reconnues avec une particulière netteté. Cette méthode complète bien la *ventriculographie*[5], qui consiste à insuffler de l'air dans les ventricules cérébraux. Le liquide qui remplit normalement les cavités cérébrales, est partiellement aspiré et se trouve remplacé par de l'air. En faisant prendre au malade des positions diverses, on arrive, en suivant les déplacements consécutifs de la bulle d'air, à explorer les différentes régions et à mettre en évidence l'existence éventuelle d'une tumeur, par la constatation d'un rétrécissement de la clarté ventriculaire.

Le canal médullaire peut être exploré par la *myélographie*[6]. Jusqu'à présent on injectait du Lipiodol mais ceci causait des désagréments d'ordre nerveux. Il existe d'autres applications intéressantes de cette mé

[1] R. JANKER: Die Röntgenkinematographie. Verlag Thieme, Leipzig.

[2] P. STUMPF: Zehn Vorlesungen über Kymographie. Verlag Thieme (1937); STEPP: Dtsch. med. Wschr. I/459 (1937); E. A. ZIMMER: Die Röntgenologie des Kiefergelenkes, Schweiz. Mschr. Zahnheilk. *51*, 1 (1941).

[3] BECKERMANN: Hepatolienographie. Thieme, Leipzig (1940).

[1] SCHULTZE: Gynäk. Röntgendiagnostik. Verlag Enke, Stuttgart (1939).

[2] KYELLBERG: Hystero-Salpingo-Pelvigraphie. Acta rad. Suppl. 43 (1942).

[3] ERBSLÖH, J.: Röntgenpraxis *14*, 28 (1942).

[4] MONIZ, E.: Die zerebrale Arteriographie und Phlebographie. Springer, Berlin (1940); DIMTZA-JÄGER: Arch. klin. Chir. 1936 Kongr. Ber. 631 (1939).

[5] LYSHOLM: Ventrikulographie. Suppl. Acta radiol.; DYES: Die Hirnkammerformen bei Hirntumoren. Verlag Thieme, Leipzig (1937).

[6] NOCLIN: Nord. Med. 1200 (1940); CHAMBERLAIN u. a.: Radiology *33*, 695 (1939); BUSCH: Acta radiol. *22*, 556 (1941).

ode par contraste (cavités nasales[1], glandes sali-ires[2], genou[3]).

Nous avons ainsi résumé les cinq méthodes utili-es, à l'heure actuelle, en radiologie médicale; je n'ai en donner qu'une vue d'ensemble.

*

Le rayonnement de Rœntgen, instrument de dia-ostic, nous l'avons vu, est aussi une arme puis-nte et efficace en *thérapie*.

Les *rayons X* sont des *vibrations électromagnétiques* longueur d'onde bien définie. Il s'ensuit que chaleur, mière, rayons X, rayonnement du radium, ne dif-rent que par l'ordre de grandeur et la fréquence.

Quels sont les effets physiologiques respectifs de s différentes radiations?

Je rappellerai à ce sujet que, lorsqu'un rayon frappe n atome, ce rayon lui cède une certaine quantité énergie. Celle-ci est un multiple de ce que Plank a ppelé le quantum d'énergie.

Le rayonnement calorifique ne peut que déplacer s électrons des couches superficielles par rapport au oyau de l'atome.

Quant aux rayons ultra-violets, ils sont capables de tacher complètement ces électrons et de leur con-rer une faible vitesse: c'est ce que nous appelons l'ef-t photoélectrique.

Les rayons X et ceux du radium par contre, réus-issent à arracher les électrons des couches profondes.

Grâce à l'effet photoélectrique, les divers rayonne-ments se distinguent des points de vue physique et iologique, en deux groupes, suivant qu'ils sont ou on capables de libérer des électrons. Ainsi une seule hose reste constante, c'est la nature électro-magné-ique des rayonnements. Biologiquement, les deux roupes sus-cités se différencient suivant qu'ils pro-uisent ou non, une inflammation de la peau ou un éry-hème.

De l'ultra-violet au radium, seule la pénétration tomique et la distribution varient. La radiothérapie n'est autre que cette possibilité de destruction pro-onde.

Il a fallu près de 30 ans pour rendre efficace et inof-ensive la radiothérapie, qui compta de nombreux nartyrs.

L'absence d'une *unité internationale* eut une influ-nce frénatrice sur son développement. Finalement, grâce à la mesure de l'ionisation produite par les ayons X le problème fut résolu.

L'unité est le Rœntgen = 1 r. C'est la quantité de ayons qui, compte tenu de toutes les émissions secon-laires d'électrons et de l'effet des parois de la chambre d'ionisation, est capable de produire dans une couche d'air de 1 cm (dans les conditions habituelles de température et de pression) une conductibilité telle que, lors de la saturation, on mesure une unité électrostatique.

Mais l'important en médecine n'est pas cette quantité seule, c'est aussi la qualité des rayons. On détermine cette dernière par son degré de dureté exprimé en «Halbwertschicht» (= HWS). C'est l'épaisseur du filtre qui réduit de moitié l'intensité des rayons qui la traversent.

Avec ces définitions, qualitative et quantitative, et connaissant le débit (r/min) de notre appareil, nous pouvons, nous médecins, nous passer du secours continuel des physiciens et réaliser des dosages précis.

Avant la mise au point du dosage, la valeur thérapeutique des rayons dans le traitement du cancer et des maladies du sang était déjà connue et dès cette époque on soumettait ces malades au traitement radiologique.

Il s'ensuit, par conséquent, qu'en médecine on ne recule pas devant l'emploi d'une thérapeutique dont le mode d'action échappe complètement. De plus, aucune *expérience* n'avait été pratiquée à cette époque sur des *tissus normaux*. Des centaines de travaux portant sur les sangs anormaux, aucun ne mentionne l'effet des rayons sur le sang normal. Il n'est dès lors pas étonnant que chaque auteur soit parvenu à des conclusions différentes.

Ce qu'il est surprenant, par contre, de constater, c'est que les variations de la formule sanguine sont sensiblement fonction de la dose de rayons utilisés[1]. Ainsi j'ai trouvé, lors de recherches personnelles, une diminution rapide du nombre des globules rouges, au cours d'irradiation de la moelle osseuse, à faible dose; alors que de fortes doses donnaient une augmentation appréciable du nombre de ces mêmes éléments.

De même, j'ai observé au cours d'irradiation du foie à faible dose, et de la moelle à forte dose, une brusque leucopénie. (On sait que la radiothérapie est employée avec succès dans beaucoup de maladies du sang.)

En approfondissant ces études sur l'effet des rayons sur le sang normal, on arrivera certainement à améliorer cette méthode de traitement.

En biologie générale on n'explique pas plus clairement le mode d'action des rayons X. Dessauer le premier, avec sa «Treffertheorie» aborda ce problème. Cette théorie parle de l'atteinte du noyau cellulaire par des corpuscules. Dernièrement Liechti[2] et ses élèves se sont beaucoup occupés de la question. D'après eux, le phénomène de base est une réaction photochimique.

[1] Babaiantz: Rad. Clin. *11*, 114 (1942).
[2] Hetzar: Sialographie. Verlag Thieme, Leipzig (1942).
[3] Bircher-Oberholzer: Acta rad. XV, 452; A. Clausen: Fortschr. Röntgenstr. *65*, 76 (1942).

[1] E. A. Zimmer: Veränderungen der Formelemente des Blutes nach Röntgenbestrahlung (im Druck).
[2] Liechti: Rad. Clin. *10*, 104 (1941); Minder: Rad. Clin. *10*, 121 (1941); Holzer: Physikal. Medizin in Diagnostik und Therapie. Verlag Maudrick, Wien (1944).

Hopwood[1] croit à une activation de l'eau par les rayons X, susceptible de donner lieu à des chaînes de réaction sur les albuminoïdes.

En vérité, la radiothérapie pratique se développe indépendemment de tous ces problèmes. Son principal succès réside dans le *traitement du cancer*. Ce traitement demandait deux choses *a priori* contradictoires: d'une part de ne pas léser la peau, d'autre part d'augmenter l'efficacité en profondeur. Pour cette raison, on abandonna la méthode jadis employée, qui consistait à faire tout le traitement en une seule séance. On réalise aujourd'hui l'exposition en plusieurs temps. On constata, en augmentant le nombre des expositions fractionnées, que la résistance de la peau était augmentée.

On parvenait à ce même ménagement de la peau en faisant varier l'incidence des rayons sur elle. Ces rayons cependant continuent à converger sur la même tumeur.

Dessauer et ses élèves ont développé ce dernier moyen par ce qu'on appelle «*Rotationsbestrahlung*»[2] et «*Pendelbestrahlung*». Dans «l'irradiation rotative» le patient tourne lentement, pendant la séance, autour d'un axe vertical qui passe par le point de convergence fixe des rayons. On a fait coïncider ce point avec la tumeur.

La surface de la peau, atteinte par un mince faisceau, se trouve constamment renouvelée du fait de ce mouvement rotatif, alors que la tumeur demeure constamment au foyer de convergence du faisceau.

Kohler et Bender[3] essayaient d'obtenir le même résultat, en imprimant au tube lui-même un mouvement pendulaire, le sujet restant fixe.

On a essayé, en vue d'intensifier l'efficacité en profondeur, d'augmenter le voltage de 200000 à *1 million de volts;* les résultats ne semblent pas confirmer les prévisions[4].

Quels sont maintenant les *résultats du traitement radiologique du cancer*[5]*?*

On a observé depuis 1906, à l'Institut du Cancer de Heidelberg, 6556 cas qui ont été soignés par les méthodes chirurgicales et radiologiques combinées. Dans les cas de cancers soignés par la radiothérapie seule, et il s'agit, notons le bien, de cancers inopérables, on a obtenu 47,8% de soulagements dans les cancers du sein, après un traitement d'un an, et 7,2% de guérison, après cinq ans.

Dans les cancers des organes génitaux de la femme, le pourcentage de guérison après un traitement radiologique seul, s'élève dans les cas favorables à 53%, et à 30% dans les autres cas.

Le cancer du larynx se guérit par les rayons une fois sur deux: pris au début, dans 80% des cas, à un stade avancé, dans 30% des cas.

Dans le *traitement des tumeurs superficielles*, un grand progrès a pu être réalisé par la méthode dite de l'irradiation par contact «dont les principes furent étudiés par Caldwell, Bouchacourt, Dessauer, Palmieri, Schaeffer-Witte, Chaoul-Adam, van der Plaats[1]». Contrairement à ce qui ce passe chez les tumeurs profondes, il faut ici augmenter au maximum l'action en surface, en protégeant le plus possible les tissus sains sous-jacents. Autrement dit, nous devons réaliser une chute brusque de la puissance pénétrante («steiler Dosisabfall»).

On possède aujourd'hui des appareils à irradiation par contact, qui nous permettent dans un délai de quelques minutes d'administrer des doses immenses (jusqu'à 8000 r/min). Ce perfectionnement technique a conduit à des résultats cliniques très encourageants: nous guérissons aujourd'hui le cancer de la peau dans 98% des cas, et celui de la lèvre dans 90,5%. Nous sommes bien armés également contre certaines maladies des vaisseaux.

Les succès de cette thérapeutique sont dus au fait qu'elle ne lèse pas les tissus sains environnants, lesquels conservent leur pouvoir régénérateur.

Dernièrement, les possibilités de la radiothérapie se sont aussi étendues au traitement des processus inflammatoires[2]. Malheureusement, les résultats favorables en sont encore peu connus.

Le pronostic du cancer dépend d'ailleurs, dans une large mesure de la *précocité du traitement*. A partir d'un certain degré de l'évolution, le médecin s'avère impuissant. Ainsi nous avons eu l'occasion, il y a peu de temps, de connaître une malade atteinte d'un cancer de la langue. Elle ne s'est présentée à nous que lorsqu'il lui était déjà impossible de fermer la bouche.

Ces genres de cas nous révèlent un nouvel aspect de notre métier de radiologue. Les malades atteints de cancer très évolués arrivent fréquemment dans notre service et y demeurent. Il s'agit de ces malades incurables, pour qui la mort est synonyme de délivrance.

Outre le fait que la radiothérapie réussit parfois à

[1] Hopwood: Brit. J. Radiol. *13*, 221 (1940).

[2] Dessauer: Fortschr. Röntgenstr. *56*, 218 (1937) und Rad. Rdsch. *8*, 3 (1937); de Mesnil de Rochemont: Strahlenther. *66*, 593 (1939).

[3] Bender-Kohler: Strahlenther. *72*, 289 (1942) und Strahlenther. *67*, 286 und 669 (1940).

[4] O. Ewald: Strahlenther. *67*, 553 (1940); L. Frerano: Strahlenther. *65*, 33 (1939); W. Fehr: Strahlenther. *64*, 341 (1938); H. Holfelder: Strahlenther. *64*, 4 (1938); Haenisch u. a.: Strahlenther. *68*, 357 (1940).

[5] Becker: Strahlenther. *72*, 351 (1942); Oeser: Strahlenther. *73*, 361 (1943); Schiz: Acta Un. internat. contra Canc. *4*, 317 (1939); Schinz-Zuppinger: Siebzehn Jahre Strahlentherapie der Krebse. Thieme, Leipzig (1937).

[1] Chaoul: Die Nahbestrahlung. Verlag Thieme, Leipzig (1944); Hultberg: Untersuchungen über die röntgenologische Nahbestrahlung. Stockholm (1944).

[2] Glauner: Die Entzündungsbestrahlung. Verlag Thieme, Leipzig.

rire opérables des cas qui ne l'étaient plus, on enistre presque toujours des succès palliatifs. Des ulations nauséabondes sont épurées par la radiorapie, parfois même éliminées, mais surtout les douirs atroces qui tourmentaient le malade jour et nuit paraissent.

Aussi ce service a-t-il mérité le nom de «Maison de solation» qu'on lui a donné dans certains instituts. Ceci, cependant, à condition que médecins et infirmières s'avèrent pleinement conscients de leurs devoirs respectifs!

Summary

A survey is given on the present state and the prospects of roentgenology in medicine. All important diagnostic methods are enumerated. The fundamental effects of the modern methods in Roentgentherapy are quoted.

Vorläufige Mitteilungen - Communications provisoires Comunicazioni provvisorie - Preliminary reports

die vorläufigen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans les communications. – Per i comunicati provvisori è responsabile solo l'autore. – The Editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Über die Oxydation ungesättigter Fettsäuren durch Pflanzensäfte

Leguminosensamen enthalten ein als Lipoxydase bechnetes Enzym[1], das die aerobe Oxydation von unsättigten Fettsäuren und deren Estern wirksam beleunigt[2]. Im Anschluß an frühere Versuche[3], in denen ch für die Kartoffelknolle eine hohe Lipoxydasehtivität festgestellt werden konnte, haben wir Extrakte s verschiedenen Teilen von 50 Pflanzenarten auf ihr rhalten gegenüber ungesättigten Fettsäuren unterht.

Die gewogenen und zerkleinerten Pflanzenteile wur- mit einer abgemessenen Menge Wasser verrührt und ch 20 Minuten mit der Hand durch ein Tuch ausdrückt («Extraktverdünnung» = Verhältnis der Gebsmenge zur zugegebenen Wassermenge). Als Subrat diente Leinölsäure (mit etwa 82% Linol- und % Linolensäure) in Form einer mit Gummi arabicum reiteten Emulsion. Messung des Sauerstoffverbrauchs 30° C. 3,0 cm³ der Versuchslösungen enthielten: cm³ 0,2-m. Phosphat (pH = 6,6), 1,0 cm³ 0,1-m. inölsäure, Extrakte. Im Einsatz der Gefäße 0,2 cm³ roz. NaOH. In den Vergleichsversuchen wurde statt inölsäure 1,0 cm³ 5,6proz. Gummi arabicum zugezt. Leinölsäure (ohne Extrakte) nahm 3–8 mm³ /60 Min. auf.

Extrakte aus den vegetativen Organen von verschienen Leguminosen zeigten eine deutliche bis hohe poxydaseaktivität. Untersucht wurden Wurzel, Sten- und Blätter von *Phaseolus vulgaris* (var. *nanus*), *cia faba*, *Pisum sativum*, *Medicago sativa* und von *spinus polyphyllus*. Als Beispiel sei folgender Versuch t einem Extrakt (1:5) aus vorwiegend jungen Blätrn von *Ph. vulgaris* angeführt. Im Vergleichsversuch wurden von 1,0 cm³ Extrakt 5 mm³ O_2/60 Min. aufgenommen.

cm³ Extrakt	mm³ O_2 nach Minuten			
	10	20	30	60
0,25	36	51	59	72
1,0	146	196	221	265

Als außerordentlich aktiv erwiesen sich Extrakte aus den Wurzelknöllchen, besonders von *Ph. vulgaris* und *P. sativum*. Zum Beispiel bewirkten 0,25 cm³ Extrakt 1:50 aus den Wurzelknöllchen von *Ph. vulgaris* (vor der Blüte) im Versuch mit Leinölsäure einen Verbrauch von 134 mm³ O_2/60 Min. (ohne Leinölsäure: 9 mm³ O_2/60 Min.). Von gleichen Mengen Frischgewebe ausgehend, ergab sich für Extrakte aus den von den Knöllchen möglichst befreiten Wurzeln[1] der gleichen Pflanze eine etwa $^1/_5$ so hohe Lipoxydaseaktivität[2]. In einem weiter fortgeschrittenen Vegetationsstadium der Wirtspflanze (*Ph. vulgaris* mit Samen) lieferten die Knöllchen weniger aktive Extrakte. Die Aktivität der Knöllchen- und Wurzelextrakte konnte auch im Test der Carotinentfärbung[3] nachgewiesen werden.

Von den anderen Familien angehörenden Pflanzenarten wurden vorwiegend die Laubblätter untersucht. Eine geringe Beschleunigung der Leinölsäureoxydation, entsprechend etwa 10–30 mm³ O_2/60 Min. für 1,0 cm³ Extrakt 1:1, war mit Extrakten aus den Blättern einer größeren Zahl von Pflanzenarten festzustellen. In zwei

[1] E. André und K. How, C. R. Acad. Sci. *194*, 645; *195*, 172 32). Vgl. auch F. N. Craig, J. biol. Chem. *114*, 727 (1936).

[2] Über Substrate der Lipoxydase s. insbesondere A. K. Balls, Axelrod u. M. W. Kies, J. biol. Chem. *149*, 491 (1943); R. T. Holr u. G. O. Burr, Arch. Biochem. *7*, 47 (1945).

[3] H. Sollmann, Verh. Schweiz. Physiol. (Juni 1942; Helv. chim. ta *25*, 521 (1942); *26*, 2253 (1943).

[1] Die Luminolprobe auf Hämoproteid bzw. Hämatin (R. H. Common, Nature *155*, 604 [1945]) war mit dem «knöllchenfreien» Wurzelgewebe negativ, mit dem Knöllchengewebe stark positiv. — Über das Hämoproteid in den Wurzelknöllchen von Leguminosen vgl. D. Keilin und Y. L. Wang, Nature *155*, 227 (1945).

[2] Bezieht man die Aktivität auf die in den Extrakten vorhandenen Mengen an Trockensubstanzen, so sind die Unterschiede nicht so groß.

[3] J. B. Sumner und R. J. Sumner, J. biol. Chem. *134*, 531 (1940). H. Tauber, J. Amer. chem. Soc. *62*, 2251 (1940). Ferner H. Sollmann, Helv. chim. acta *24*, 465, 646 (1941).

Familien, unter den Nachtschattengewächsen und Lippenblütlern, wurden Arten gefunden, deren Blätter Extrakte von hoher Aktivität lieferten (vgl. die Figuren 1 und 2)[1]. Erwärmen (20 Min. 80° C) bewirkte eine vollständige Inaktivierung der Extrakte. Dialyse (22 Stunden) gegen fließendes Wasser verminderte die Aktivität um einen geringen Betrag (Blattextrakt von *Stachys lanata*). Die (chlorophyllhaltigen) Extrakte waren auch bei Ausschluß von Licht aktiv.

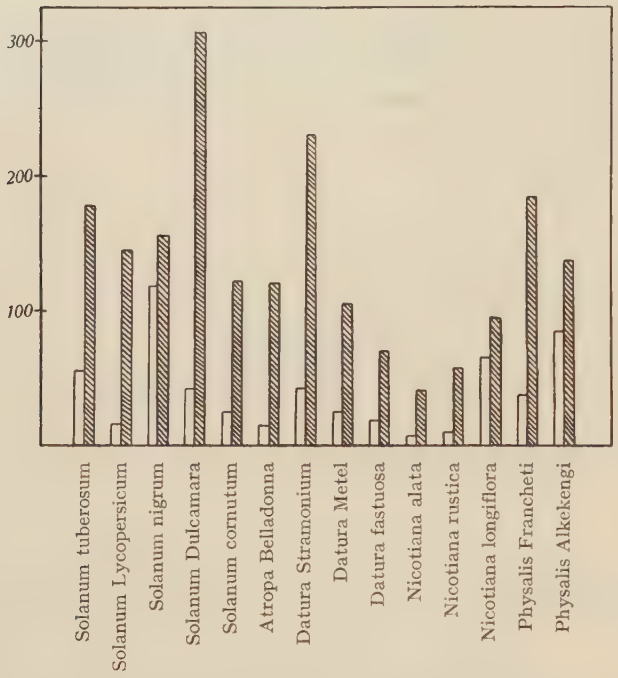


Fig. 1. *Solanaceae.* Versuche mit je 1,0 cm³ Blattextrakt 1:1. Ordinate: mm³ O_2 nach 60 Minuten.
□ ohne Leinölsäure ▨ mit Leinölsäure

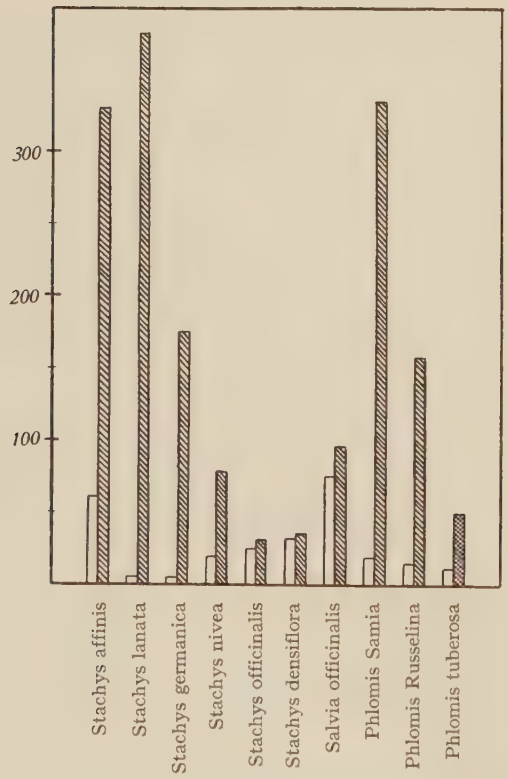


Fig. 2. *Labiatae.* Versuche mit je 1,0 cm³ Blattextrakt 1:1. Bezeichnungen entsprechend Fig. 1.

Versuche mit Extrakten aus den entfetteten Samen von einigen Solanaceen führten vorläufig – mit einer Ausnahme – zu negativen Ergebnissen. Extrakte (1:8) aus den Samen von *Solanum cornutum* bewirkten eine deutliche Beschleunigung der Leinölsäureoxydation.

Aus diesen Versuchen haben sich weitere Anhaltspunkte dafür ergeben, daß das Vorkommen der Lipoxydase (oder von Lipoxydasen) in höheren Pflanzen nicht auf Leguminosensamen beschränkt ist[2]. Der Nachweis einer ausschließlichen und spezifischen Enzymwirkung ist jedoch für einzelne Fälle noch zu erbringen. Die Ergebnisse bieten einige Ausblicke sowohl auf den Stoffwechsel ungesättigter Fettsäuren als auch auf den damit möglicherweise verbundenen Umsatz von anderen biologisch wichtigen Stoffen (Carotinoiden, Chlorophyll, phenolischen Verbindungen u. a.) in Pflanzen.

H. Süllmann

Augenklinik der Universität Basel, den 15. Oktober 1945.

Summary

Extracts from various parts, including root nodules, of different leguminous plants, and extracts from leaves of several other plants (belonging to *Solanaceae* and *Labiatae*) are able to accelerate efficiently the oxidation of unsaturated fatty acids.

[1] Zu den nur für 60 Minuten und für je 1,0 cm³ Extrakt dargestellten Ergebnissen ist zu bemerken, daß die Reaktionsgeschwindigkeit im Laufe der Versuchszeit abnimmt (vgl. die Werte in der Tabelle), und daß im Bereiche höherer Aktivitäten der Sauerstoffverbrauch langsamer ansteigt, als der Wirksamkeit der Extrakte entspricht.

[2] Vgl. auch R. J. Sumner, Ind. Engin. Chem., Anal. Ed. *15*, 14 (1943).

Die Form der Pneumokokkenpneumonie – eine Funktion des Hyaluronidasegehaltes der Pneumokokken

Zur Erklärung der Tatsache, daß verschiedene Stämme ein und desselben Pneumokokkentyps sowohl lobäre wie lobuläre Pneumonien auszulösen vermögen, wurden schon sehr zahlreiche Hypothesen aufgestellt, von denen bisher allerdings keine allgemein zu befriedigen vermochte. Selbst da, wo das Experiment die Theorie zu stützen schien, blieb die Interpretation des Versuchsresultates zweifelhaft. Nachdem Goodner[1] eine antithrombische Substanz, McLean[2] den «spreading factor» (sp. f.) Duran-Reynals in einem Stamm virulenter Pneumokokken nachgewiesen und sich die Beweise für die Identität von sp. f. und Hyaluronidase (H) immer mehr häufen, schien es des Versuches wert, das Problem vom Hyaluronidasegehalt der Pneumokokken aus zu betrachten, und das um so mehr, als Humphrey[3] in der Lunge tatsächlich Hyaluronsäure nachgewiesen hatte.

[1] K. Goodner, J. exp. Med. *54*, 847 (1931).
[2] D. McLean, J. path. Bact. *42*, 477 (1936).
[3] J. A. Humphrey, Bioch. J. *37*, 460 (1943).

den hier besprochenen Ergebnissen liegen Untersuchungen an 20 frisch — d. h. vor Beginn der Chemotherapie — isolierten Pneumokokkenstämmen zugrunde. Nach einer ersten — der Isolierung dienenden — Tierpassage wurden sie einerseits zur experimentellen Erzeugung von Mäusepneumonien, andererseits zur Gewinnung von Autolysaten verwendet.

Die experimentell erzeugten Pneumonien gestatteten die Rückschlüsse auf die Ausdehnung des den Pneumokokken zugrunde liegenden menschlichen Infektionsprozesses, da die intranasale Infektion der anarkotisierten Maus weitgehend dem Alles-oder-nichts-Gesetz folgt. Der sp.-f.-Wert wurde für jeden einzelnen Stamm an 5 verschiedenen Kaninchen nach der Methode von Claude[1] bestimmt.

Für die Bestimmung des H-Gehaltes wurde eine neue Methode geschaffen, welche mit $\pm 5\%$ Fehlern eine quantitative Auswertung der Autolysate gestattete. Die Methode ist als eine Blutkörperchensenkung-Hemmungsreaktion zu bezeichnen und beruht auf der Tatsache, daß, wie Seastone[2] angab, der Schleim von Str. equi Hyaluronidaseabbaufähig ist: Zwei Teile einer gutgewaschenen Pferdebouillonkultur eines stark schleimigen S-equi-Stammes werden nach 0,5% Phenolisierung mit einem Teil gewaschener Hammelblutkörperchen gut gemischt, einer konstanten Menge (0,05 cm³) des zu prüfenden Pneumokokkenautolysats versetzt (den Autolysaten werden für alle Stämme gleiche Keimmengen zugrunde gelegt) und in 1 cm³ Präzisionspipetten aufgezogen. Aus der an der autolysatfreien Kontrolle gemessenen Verzögerung der Senkung ergibt sich die Stärke des H-Wertes.

Als Ergebnis der Untersuchungen halten wir fest, daß die geprüften Autolysate den sp. f. und die H enthielten. Sp.-f.- und H-Werte stimmten für die stark aktiven Präparate weitgehend überein, bei den schwächer wirksamen Präparaten fanden sich z. T. nicht unerhebliche Differenzen.

Hohe sp.-f.-Indizes über 4 und starke Verzögerung der Blutkörperchensenkung entsprachen mit einer Wahrscheinlichkeit von 3:1 einem relativ großen Lungeninfiltrat, während gegen Autolysate mit Werten unter 4 und geringer Verzögerung der Blutkörperchensenkung Pneumokokken entsprachen, deren Träger nur einen geringen oder keinen radiologischen Befund hatten.

Der Umstand, daß einzelne lobär-pneumonische Bilder mit relativ niedrigen sp.-f.- und H-Werten einhergehen und andererseits Pneumokokkenautolysate aus Lobärpneumonien relativ hohe Werte gaben, zwingt, in weiteren Untersuchungen auch die Hyaluronidase-Antikörper in Rechnung zu setzen. An sich sprechen die gefundenen Werte für die Auffassung, daß die Größe des Infiltrats eine Funktion des Hyaluronidasegehalts der die Infektion bedingenden Pneumokokken ist, was schließlich auch das gelegentlich zu beobachtende Auftreten gehäufter lobärer Pneumonien in geschlossenen Bevölkerungsgruppen zu erklären vermöchte.

A. Grumbach und F. Kradolfer

Hygiene-Institut der Universität Zürich, den 18. Oktober 1945.

(Die ausführliche Publikation erfolgt in der Schweiz. Z. f. Pathol. u. Bakt.)

Summary

The spreading factor and the hyaluronidase content of 20 different strains of pneumococci belonging to various types were investigated. A comparison of the results with the magnitude of the pneumonic infiltrations leads to the conclusion that the hyaluronidase content is almost entirely responsible for the form of the pneumonic lesion. A new method for the measuring of the hyaluronidase is given.

[1] A. Claude, J. exp. Med. *66*, 353 (1937).
[2] C. V. Seastone, J. exp. Med. *70*, 361 (1939).

Über die Wasserdurchlässigkeit von Hydrogelen

Aus dem *Filtrationswiderstand*, den Hydrogele durchströmenden Flüssigkeiten entgegensetzen, können eventuell Schlüsse auf die Struktur gezogen werden. Die *relativ geringe Permeabilität* erklärt sich aus der Feinheit der Hohlräume und Kapillaren und der «Bindung» von Wasser an der dispersen Phase. Durch chemische Analyse der durchgetretenen Flüssigkeit kann die Stabilität der Gele beurteilt werden.

Die Permeabilität soll im folgenden wie bei Böden[1] durch den *Durchlässigkeitskoeffizienten k* (nach Darcy) gekennzeichnet werden:

$$k = \frac{Q \cdot \eta \cdot L}{t \cdot \Delta p \cdot F} \quad (\mathrm{cm}^2)$$

Q = perkolierte Flüssigkeit in cm³
η = Viskosität der Flüssigkeit in Poise
L = Höhe der Gelsäule in cm
t = Durchflußzeit in Sekunden
Δp = Druckdifferenz in g/cm²
F = Querschnitt der Gelsäule in cm²
i = hydraulisches Gefälle = $\Delta p/L$

k ist eine unbekannte Funktion verschiedenster Strukturfaktoren des Gels (z. B. Porenvolumen, Form und Orientierung der Partikel des Gelbildners, Größe der spezifischen Oberfläche, Menge der am Gelbildner «gebundenen» Flüssigkeit). Die Permeabilität kann auch durch mechanische Deformation des Gels, durch Fehlstellen im Gelgerüst und durch schlechte Haftung an der Wand des Gefäßes beeinflußt werden. Zunächst muß man daher auf die Berechnung des strukturellen Aufbaus der Gele aus den k-Werten verzichten.

Für die *Messungen* wurden die Sole in Glasgefäße gegossen. Die Gelsäulen hatten einen kreisförmigen Querschnitt von 8 cm² und Höhen von 1, 2 und 4 cm. Das Wasser durchströmte die Gele bei einem Wasserdruck von 100 cm. Die Messungen erfolgten bei ca. 18° C.

Bei Gelen aus *Gelatine* und *Agar-Agar* ergeben sich sehr geringe Permeabilitäten (Tabelle 1).

Tabelle 1
Durchlässigkeit von Gelatine- und Agar-Agar-Gelen
i 25

Gelbildner	Gewichtsprozent des Gelbildners	$k \cdot 10^9$
Gelatine	8	2,0
Agar-Agar	8	0,2
Agar-Agar	4	0,5
Agar-Agar	2	4,4

Eingehende Untersuchungen wurden an Gelen ausgeführt, die aus *Wasserglas* durch Zusatz verschiedener Elektrolyte gewonnen wurden. Der Trockensubstanzgehalt der Gele nach anfänglicher Auslaugung betrug

[1] K. von Terzaghi, Erdbaumechanik (1925); R. R. Sullivan und K. L. Hertel, Advances in Colloid Science *1*, 37 (1942).

1 bis 4%. Allgemein ist k anfangs relativ am größten, nach wenigen Tagen nimmt die Permeabilität auf einen konstanten Wert ab. — Der verwendete *Koagulator* hat einen wesentlichen Einfluß auf die Durchlässigkeit (Tabelle 2).

Tabelle 2

Durchlässigkeit von Gelen aus Wasserglas bei Verwendung von verschiedenen Koagulatoren

Pro 100 cm³ Gesamtvolumen je 30 cm³ Wasserglas. Sol-Gel-Transformation ca. 20 Minuten nach Elektrolytzusatz. $i = 25$

Koagulator	$k \cdot 10^9$
HCl	100 -200
$Ca(OH)_2$	4,7— 7,9
$NaAlO_2$	2,7— 5,2

Die Verminderung der Permeabilität durch *steigenden Koagulatorzusatz* zum Wasserglas ergibt sich aus Tabelle 3. — Oft war bei den Versuchen ein plötzlich starker Anstieg von k zu beobachten. Zuweilen sank jedoch die Permeabilität wieder auf den ursprünglichen Wert, wenn der Durchflußversuch für einige Stunden unterbrochen wurde (Rekonstruktion des verletzten Gelgerüstes?).

Tabelle 3

Durchlässigkeit von Gelen aus Wasserglas bei Verwendung verschiedener Mengen an Salzsäure zur Gelierung

Pro 100 cm³ Gesamtvolumen 50 cm³ Wasserglas. $i = 25$

cm³ n Salzsäure pro 100 cm³ Gesamtvolumen	Sol-Gel-Transformation in Minuten	$k \cdot 10^9$
36	250	160*
40	36	55
44	13	35
48	2	27

* Anfangs. Nach 80 Stunden war dieses Gel durchbrochen.

Tabelle 4 zeigt, daß ein Silikatgel beim *Durchströmen mit einer Kalziumchloridlösung* eine bedeutende, reversible Permeabilitätssteigerung aufweist. Durch den Elektrolyt scheint eine Dehydratisierung oder Vergröberung des Gelgerüstes eingetreten zu sein.

Tabelle 4

Durchlässigkeit eines Ca-*Silikatgels für Wasser und für eine 0,82 molare Kalziumchloridlösung*

Pro 100 cm³ Gesamtvolumen 30 cm³ Wasserglas und 30 cm³ 5,2proz. Kalkmilch. Transformationszeit 44 Minuten. $i = 25$

Gel I: von 1. bis 800. Stunde von Wasser durchströmt
Gel II: von 1. bis 50. Stunde von Wasser durchströmt
von 50. bis 150. Stunde von $CaCl_2$-Lösung durchströmt
von 150. bis 800. Stunde von Wasser durchströmt

Stunden nach Beginn des Versuches	Gel I (Wasser)	Gel II (Kalziumchlorid)
	$k \cdot 10^9$	
50	14	18
100	15	84
150	15	272
170	15	392
200	14	168
300	14	63
550	13	10
800	13	10

Nach dem Versuch der Tabelle 5 scheint das Darcy*sche Gesetz* für das betreffende Gel Gültigkeit zu besitzen.

Tabelle 5

Durchlässigkeit von Silikatgelen verschiedener Schichthöhe

Gleiches Wasserglas-Kalk-Gel wie in Tabelle 4

Die k-Werte sind die Mittel der Versuchsperiode zwischen der 90. und 1400. Stunde

	$i = 100$	$i = 50$	$i = 25$
$k \cdot 10^9$ ...	16,3	17,6	17,2

Bemerkenswert erscheint noch der starke Einfluß der *Temperatur* auf die Permeabilität (Struktur und Hydratation). — Wiederholt wurde beobachtet, daß die Permeabilitäten gleichzeitig untersuchter Gele wegen Temperaturschwankungen im Raum im gleichen Rhythmus variieren. Die verschiedenen Gele sind jedoch auf die gleichen Temperaturveränderungen verschieden empfindlich. — In Tabelle 6 finden sich Messungen an einem Gel bei verschiedenen Temperaturen.

Tabelle 6

Durchlässigkeit eines Silikatgels bei verschiedenen Temperaturen

Pro 100 cm³ Gesamtvolumen 33 cm³ Wasserglas und 13,3 cm³ 20% Natriumaluminatlösung

Temperatur Grad C	$k \cdot 10^9$
16	3,8
27	6,5
39	10,7
48	12,3

Tabelle 7 zeigt noch, daß durch die *Verankerung des Gels in Grobsand* die Permeabilität vermindert wird.

Tabelle 7

Durchlässigkeit eines Silikatgels bei Verankerung in Grobsand

Ca-Silikatgel der Tabelle 2

	$k \cdot 10^9$
Ohne Sand	7,0
Grober Quarzsand.....	2,1
Grober Kalksand	0,49

H. Pallmann und H. Deuel

Agrikulturchem. Institut der Eidg. Techn. Hochschule Zürich, den 18. Oktober 1945.

Summary

The permeability of different jellies is measured under various conditions. This property may be of value for the structural analysis of these systems.

Das Spitzenwachstum der Fasern bei *Linum perenne* L.

Nach den Darstellungen von Tammes[1] (1907), Aldaba[2] (1927) und Meeuse[3] (1941) wachsen die Fasern des Leins nur so lange (symplastisch mit dem angrenzenden Parenchym), als sie sich in der Streckungszone des Stengels befinden; Anderson[4] (1927) nimmt jedoch für die stark zugespitzten Faserenden gleitendes Wachstum an. Entgegen diesen Anschauungen wurde echtes Spitzenwachstum vermutet (Schoch-Bodmer[5] 1945), da man bei noch unfertigen Fasern an *beiden* Enden pollenschlauchähnliche Spitzen findet. In Mikrotomschnittserien (Alkoholfixierung, Azanfärbung, 10—15 μ Schnittdicke) durch die obersten 20—25 mm steriler Triebe von *Linum perenne* (der Durchmesser bei 20 mm beträgt 0,6—0,8 mm) findet man einkernige, 40 μ lange, 3 μ dicke Faserinitialen in etwa 300 μ Entfernung vom Vegetationskegel, während die angrenzenden Parenchymzellen 12—15 μ lang und 6—8 μ breit sind. Die Zahl der Kerne in den Faserinitialen vermehrt sich mit der Zellverlängerung, die sehr rasch vor sich geht. Ungefähr von 800 μ an (vom Vegetationspunkt) treten an den Faserinitialen 3—6 μ breite, abgerundete, nicht sehr plasmareiche, abwärts wachsende «Spitzen» auf; von 1000 μ an stellen sich auch aufwärts wachsende ein. 1800—2000 μ von der Stengelspitze entfernt, und von da an in der ganzen Schnittlänge, sieht man dunkelrot gefärbte (Azokarmin), meist nur 3—4 μ dicke Spitzen, die auf einer Länge bis zu 200 μ dicht mit Plasma gefüllt sind. Die meisten dieser Faserenden wachsen in den untersuchten 20 mm langen Stengelspitzen aufwärts; es kommen jedoch auch abwärts wachsende vor (Fig. 2b). Die Spitzen dringen zwischen die Wände der andern Fasern (Fig. 1 und 2b) oder zwischen Fasern und Parenchym ein (Fig. 2a), wobei sie offenbar die Mittellamellen lösen. Auch an Schnitten durch lebendes Material lassen sich membranspaltende, vorn abge-

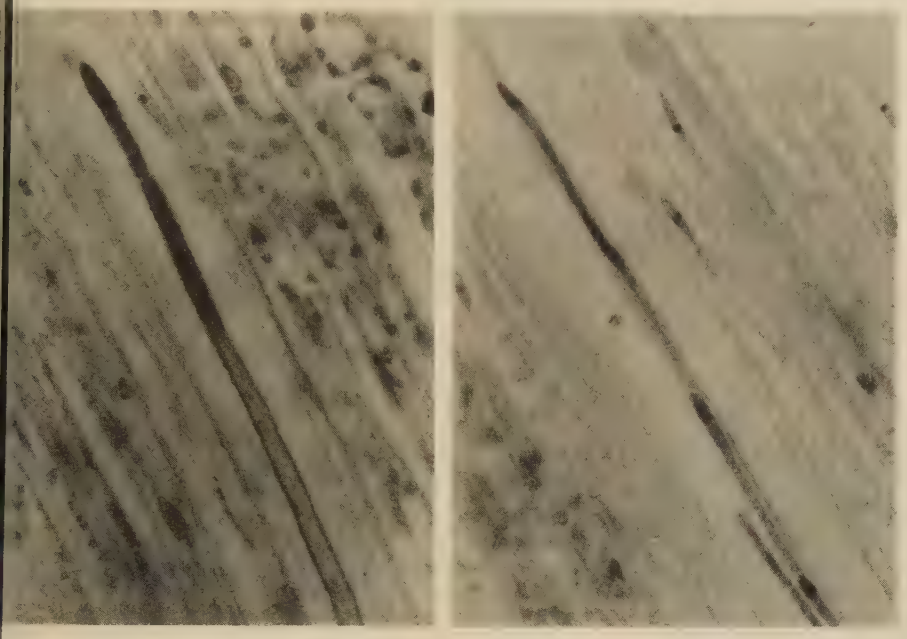


Fig. 1

Aufwärts wachsendes Faserende in einem dialschnitt, wächst zwischen zwei Fasern. spindelförmige Kern in der Mitte oben ist Faserkern. 7 mm vom Vegetationspunkt. Vergrößerung 750fach.

b) Drei benachbarte aufwärts wachsende Faserenden. Membranspaltung beim obersten sichtbar. Tangentialschnitt mit mehreren Fasern und Kernen. 14 mm vom Vegetationspunkt. Vergrößerung 750fach.

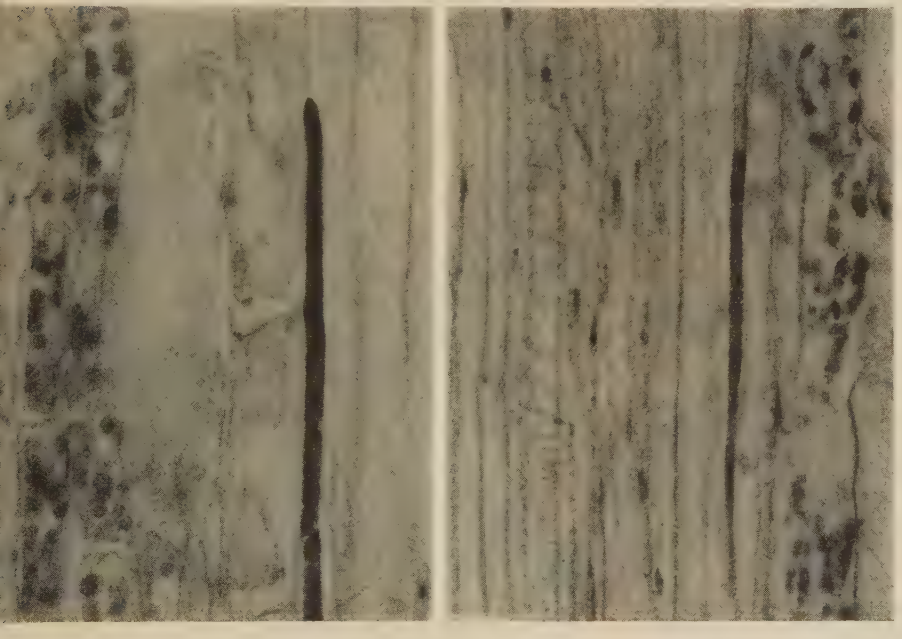


Fig. 2

Aufwärts wachsendes Faserende, zwischen renchym und Faser eindringend. Links breite ser und chlorophyllführendes Rindenparenym. 15 mm vom Vegetationspunkt. Vergrößerung 750fach.

b) Abwärts wachsendes Faserende zwischen zwei Fasern. 18 mm vom Vegetationspunkt. Vergrößerung 490fach.

[1] T. Tammes, Natuurkund. Verh. Holl. Maatsch. Wetensch., Haarlem (*1907*).

[2] V. C. Aldaba, Amer. J. Bot. *14*, 16 (1927).

[3] A. D. J. Meeuse, Rec. trav. bot. Néerl. *38*, 18 (1941).

[4] D. B. Anderson, Amer. J. Bot. *14*, 187 (1927).

[5] H. Schoch-Bodmer, Ber. Schweiz. Bot. Ges., im Druck (1945).

rundete, plasmareiche Spitzen erkennen. Die Form der «Spitzen», ihr Plasmagehalt sowie das Vorkommen keulig angeschwollener und gegabelter Faserenden spricht für *lokales Spitzenwachstum*. Die «Gabeln» müssen durch Verzweigung entstehen, wie sie bei Pilzhyphen und etwa bei Pollenschläuchen beobachtet wird.

Da das Streckungswachstum eine Längszone von 18–19 mm umfaßt (die Grenze ist kenntlich an der Bildung von Tüpfelgefäßen), liegen fast alle diese *Faserspitzen in der Streckungszone* des Stengels. Nachdem sie die Membranen der Nachbarzellen gespalten und sich mit ihrer neugebildeten Membransubstanz den Kontaktflächen angelegt haben, müssen sie symplastisch mit diesen *am Streckungswachstum teilnehmen*. Letzteres verläuft offenbar sehr langsam, verglichen mit dem Spitzenwachstum. Es ist nicht nötig, gleitendes Wachstum anzunehmen: man kann sich vorstellen, daß die Membrankuppe des wachsenden Faserendes fortgesetzt neu entsteht, während die dahinterliegenden parallelen Wände sich gemeinsam mit den Nachbarwänden durch Intussuszeption verlängern. — In 20–25 mm Entfernung vom Vegetationspunkt, also unterhalb der Strekkungszone, kann man Fasern mit beidseitig unverdickten Enden aus frischen Stengeln herauspräparieren; gegen die Fasermitte zu zeigen sie zunehmende Wandverdickung. Schon bei 30 mm Trieblänge finden sich fertig ausgebildete Fasern von meist 3–5 mm Länge vor (wahrscheinlich entstehen auch noch längere) mit Durchmessern von 15–20 μ in der Fasermitte. Hier sind die Spitzen schon vollständig mit Membransubstanz ausgefüllt und die ganzen Wände sind stark verdickt. In dem Raume, der bei der Wandspaltung vor der wachsenden Faserkuppe entsteht, setzt zuerst eine kegelförmige Membranbildung ein (violett mit Chlorzinkjod wie die übrige Faserwand), wodurch die oft sehr scharfen Spitzen der fertigen Fasern zustande kommen. Weitere Membranschichten lagern sich, vom Plasma her, schalenförmig dem kleinen Kegel an und füllen das enge Lumen der Faserspitze aus, wobei sich das Plasma immer weiter zurückzieht. In einer gewissen Entfernung von der Spitze ist dann bekanntlich ein spaltenförmiges Lumen mit Plasmaresten erkennbar.

Plasmareiche, spitzenartige Bildungen in den noch unverdickten Kambiumderivaten erwecken den Eindruck, als ob auch hier Spitzenwachstum aufträte. Die außerordentlich schmalen Zellen erschweren jedoch die Deutung dieser Gebilde.

Helen Schoch-Bodmer und Paul Huber

St. Gallen, den 22. Oktober 1945.

Summary

In shoots of *Linum perenne* apical growth was observed at both ends of the fibres. Their rounded tips, rich in protoplasm, protude into the middle lamellae of adjacent fibres or parenchyma cells. In addition to their apical growth, the fibre walls undergo symplastic growth with the walls of neighbouring cells. The formation of the pointed ends of fully developed fibres is described.

Steigerung der Genauigkeit bei astronomischen Durchgangsbeobachtungen

1. Beobachtet man mit einem Passageninstrument im Meridian vor dem Umlegen der Instrumentenachse das direkte, nach dem Umlegen das von einem Quecksilberhorizont reflektierte Bild eines Sternes, so ist das arithmetische Mittel der beiden Uhrzeiten, die sich auf den Durchgang durch denselben Faden resp. Kontakt beziehen, frei vom *systematischen* Fehler des Einflusses der Achsenneigung, wenn die beiden Lagerzapfen den gleichen Kreisquerschnitt haben. Bei einer Zapfenungleichheit von $\varkappa^s$ muß das Mittel $\bar{U}$ der beiden Uhrzeiten U' und U'' außer der Korrektion wegen des Einflusses von Kontaktbreite und totem Gang, wenn das Repsoldsche Mikrometer zur Beobachtung benutzt wird, noch um

$$\pm \varkappa \cos z \operatorname{cosec} p$$

korrigiert werden. Die Zapfenungleichheit $\varkappa$ ist positiv, wenn der Okularzapfen der dickere ist; Zenitdistanz z und Poldistanz p des Sterns werden nach Süden positiv gerechnet. Je nachdem der Stern in der Reihenfolge: Okular West (direktes Bild) — Okular Ost (reflektiertes Bild) oder umgekehrt beobachtet wird, muß das obere oder untere Vorzeichen gewählt werden.

Ist das Fernrohr des Passageninstruments gebrochen, so daß sich die Kollimation ändert, wenn die Achse zwischen den Lagern durchgebogen wird, so muß man noch eine Korrektion wegen dieser «Biegungskollimation» anbringen. Sie hat die Form

$$\mp c \cos z \operatorname{cosec} p,$$

so daß mit $\varkappa_0 = \varkappa - c$ beiden Einflüssen mit der Gesamtkorrektion

$$\pm \varkappa_0 \cos z \operatorname{cosec} p$$

an den Uhrzeiten Rechnung getragen wird. Die Konstante $\varkappa_0$ läßt sich aus der Durchgangsbeobachtung ableiten, wenn vor dem Umlegen sowohl das direkte und reflektierte und nach dem Umlegen an denselben Fäden resp. Kontakten wieder das direkte und reflektierte Bild beobachtet wird. Sind U'_d und U'_r die vor und U''_d, U''_r die nach dem Umlegen beobachteten Uhrzeiten, so wird

$$\varkappa_0 = \frac{1}{2}\left\{\frac{U'_r - U''_d}{2} - \frac{U'_d - U''_r}{2}\right\} \sin p \sec z.$$

Das Mittel $U = \frac{1}{2}\left\{\frac{U'_r + U''_d}{2} + \frac{U'_d + U''_r}{2}\right\}$

ist frei sowohl vom Einfluß der Neigung als auch von der Biegungskollimation. Bei Südsternen ist es nicht möglich, auf diesem Weg den Einfluß von $\varkappa$ zu eliminieren, da man infolge ihrer raschen Bewegung nicht sowohl vor als nach dem Umlegen je das direkte *und* das reflektierte Bild beobachten kann, wohl aber bei den Polsternen.

Im nachfolgenden Beispiel (Tabelle 1) sind die Polsterne so beobachtet worden; ihre Uhrzeiten U sind also die Zeiten des Durchgangs durch den Instrumentenvertikal. Die Beobachtungen der 4 Südsterne sind gleichmäßig auf die Okularfolgen W/E und E/W verteilt, so daß sich erst im Mittel ihrer Uhrzeiten der systematische Fehler infolge des Einflusses von $\varkappa_0$ heraushebt, da die mittlere Zenitdistanz in beiden Okularfolgen sehr nahe gleich ist.

2. Bekanntlich bietet die Verwendung des unpersönlichen Mikrometers zur Beobachtung von Sterndurchgängen schon eine hohe *innere* Genauigkeit; diese Genauigkeitssteigerung ist dann besonders bemerkenswert, wenn die Nachführung des beweglichen Fadens nicht von Hand geschieht, sondern einem mechanischen Triebwerk übertragen wird. Das Passageninstrument der Basler Sternwarte ist im Sommer 1945 mit einem Nachführungsmotor ausgerüstet worden (Fig. 1); er unterscheidet sich von der bisher benützten Form eines solchen Triebwerkes dadurch, daß — unabhängig von

n zwangsläufigen Antrieb durch den Motor – der beliche Faden noch beliebig von Hand verstellt werden n. Als Kraftquelle dienen 2 Synchronmotoren M; treiben je eine Scheibe S in entgegengesetzter Richg an. Zwischen diesen befindet sich in der zu ihren

zeiten in der Kolonne U_i angegeben; sie beziehen sich auf die in der 2. Kolonne angegebene Okularfolge. Die in der 7. und 8. Kolonne verzeichneten Korrektionen wegen des Uhrgangs und wegen der halben Summe von Kontaktbreite und totem Gang sind an U_i anzubringen.

Tabelle 1

Zeitbestimmung im Meridian von Basel. 3. X. 1945 Beob. J. O. Fleckenstein

1 Stern	2 Okular-folge	3 Gr.	4 U_i	5 δ_i	6 $\alpha_i - \bar{U}_i$	7 Gang-korr. (21^h)	8 Kontakt-breite + tot. Gang	$u + \frac{\sin z_i}{\sin p_i} k = \alpha_i - \bar{U}_i^* \pm \frac{\cos z_i}{\sin p_i} \varkappa_0$	Uhr-korrektion	λ_i
			h m s		s	s	s		s	
H Draconis U. C. . .	*W/E*	4,6	21 31 05,44	81°34′,0	—103,00	—0,026	0,285	$u + 5{,}29\ k = -103{,}26$	—103,88	+0,055
ε Pegasi	*E/W*	2,5	21 43 14,966	9 37,6	—103,875	—0,036	0,014	$u + 0{,}624\ k = -103{,}853 + 0{,}80\ \varkappa_0$	—103,926	+0,019
α Aquarii	*W/E*	3,2	22 04 43,621	−0 35,0	—103,890	—0,053	0,014	$u + 0{,}745\ k = -103{,}851 - 0{,}67\ \varkappa_0$	—103,938	+0,007
ϑ Pegasi	*E/W*	3,7	22 09 11,585	5 55,9	—103,925	—0,057	0,014	$u + 0{,}667\ k = -103{,}882 + 0{,}75\ \varkappa_0$	—103,960	—0,015
H Camelopard. U. C. .	*E/W*	5,3	22 26 11,02	81 50,1	—103,03	—0,072	0,338	$u + 6{,}10\ k = -103{,}30$	—104,01	—0,055
ζ Pegasi	*W/E*	3,6	22 40 29,286	10 32,9	—103,957	—0,083	0,014	$u + 0{,}612\ k = -103{,}888 - 0{,}81\ \varkappa_0$	—103,959	—0,014

enen senkrechten Richtung eine dritte Scheibe s; sie nn in verschiedene Distanzen von der Achse der anibenden Scheiben eingestellt werden, so daß die Nachhrungsgeschwindigkeit unterhalb eines bestimmten fangswertes beliebig variiert werden kann. Die Feinstellung oder Korrektur des Bisektionsfadens erfolgt t Hilfe der beiden Handgriffe H.

Eine Gesamtansicht des so umgebauten Instrumentes t Fig. 2; an der Fußplatte ist noch die A.N. *269*, 323

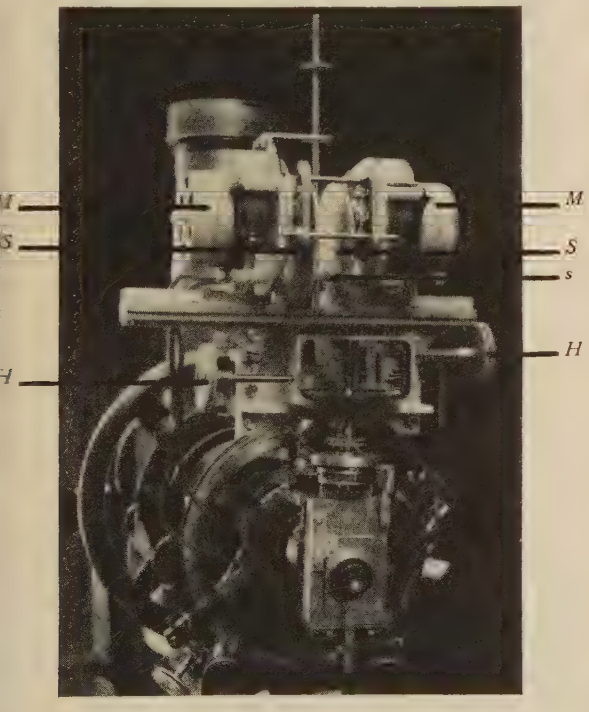


Fig. 1

schriebene Einrichtung zur Nachführung des Fernhrs in Zenitdistanz sichtbar; sie wird benutzt, wenn rchgänge im ersten Vertikal beobachtet werden.

3. In der Tabelle 1 sind die anläßlich einer Zeitbestimung im Meridian beobachteten mittleren Durchgangs-

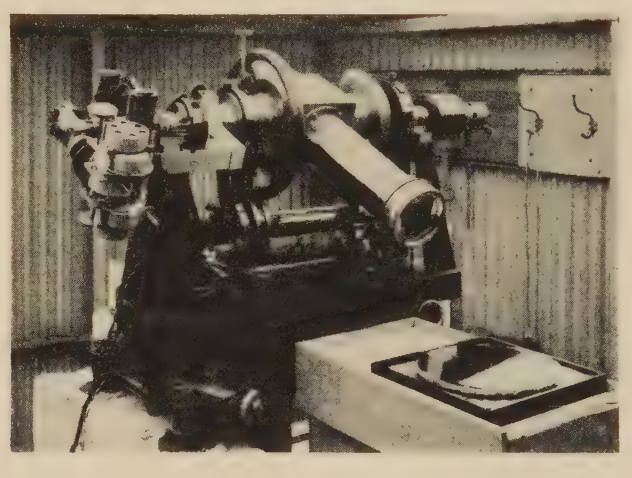


Fig. 2

Da sowohl die Südsterne als auch die beiden Polsterne in Deklination nur wenig streuen, so dürfen die Fehlergleichungen jeder Gruppe

$$u + k \sin z_i \operatorname{cosec} p_i = \alpha_i - \bar{U}_i^* \pm \varkappa_0 \cos z_i \operatorname{cosec} p_i + \lambda_i$$

in ein Mittel zusammengezogen werden. Die Unbekannten u, k, $\varkappa_0$ folgen dann aus den Gleichungen

$$\text{Südsterne:}\quad u + 0{,}662\ k = -103{,}868 + 0{,}018\ \varkappa_0,$$
$$\text{Nordsterne:}\quad u + 5{,}695\ k = -103{,}28.$$

Da die Konstante $\varkappa_0$ höchstens einige hundertstel Zeitsekunden beträgt, wie sich aus der Beobachtung der Polsterne ergeben hat, darf in der ersten Gleichung das von $\varkappa_0$ abhängige Glied vernachlässigt werden; es folgt dann

$$u = -103^s{,}945 \text{ und } k = +0^s{,}117.$$

Werden die Differenzen $\alpha_i - U_i^*$ der Südsterne um $-k \sin z \operatorname{cosec} p$ korrigiert, so liefern sie zur Bestimmung von $\varkappa_0$ die Gleichungen

$$E/W:\ u = -103^s{,}943 + 0{,}78\ \varkappa_0,$$
$$W/E:\ u = -103\ ,949 - 0{,}74\ \varkappa_0,$$

so daß $\varkappa_0 = -0^s{,}004$ wird.

In der letzten Kolonne sind die übrigbleibenden Fehler

$$\lambda_i = u + k \sin z_i \operatorname{cosec} p_i \pm \varkappa_1 \cos z_i \operatorname{cosec} p_i - (\alpha_i - U_i^*)$$

angegeben; sie führen zu der Quadratsumme

$$[(\lambda_i \sin p_i)^2] = 0{,}001030\,,$$

so daß der m. F. m des Gewichts 1

$$m = \sqrt{\frac{0{,}001030}{6-2}} = \pm 0^s{,}016$$

wird. Die mittleren Fehler der beiden Unbekannten u und k werden durch die Beziehungen

$$m_u^2 = m^2 F(\bar{z}, z';\ n, n') \operatorname{cosec}^2 \Phi,$$
$$m_k^2 = m^2 F(\bar{p}, p';\ n, n') \operatorname{cosec}^2 \Phi$$

gegeben, in welchen F die folgende Funktion der Variablen v und v' und der Zahlen n und n' bedeutet:

$$F(v,v';\ n,n') = \left(\frac{1}{n'} \sin^2 v + \frac{1}{n} \sin^2 v'\right) \operatorname{cosec}^2 (v - v')\,.$$

Mit den Werten

$$n = 4\,,\ \bar{z} = \ \ 41°09'\,,\ p = \ 83°36'\,,\quad \Phi = 42\ 27'$$
$$n' = 2\,,\ \bar{z}' = -50\ 15\,,\ p' = -7\ 48\,,$$

erhält man

$$m_u = \pm 0^s{,}014\,,\quad m_k = \pm 0^s{,}017\,.$$

Der Einfluß von $\varkappa_1$ auf diese mittleren Fehler ist wegen der symmetrischen Verteilung der Südsterne auf die beiden Okularfolgen und wegen der nahezu gleichen Zenitdistanzen ohne Bedeutung.

Th. Niethammer und J. O. Fleckenstein

Astronomisch-meteorologische Anstalt der Universität Basel, den 24. Oktober 1945.

Summary

The influence of the axis-inclination on the transit time can be eliminated by the observation of the star image reflected by a mercury level together with the influence of the variable collimation produced by a flexion of the axis.

The hand-driving of the impersonal micrometer has been remplaced by a motor with an additional wheelwork permitting to move the micrometer independently from the motor mechanism. Both improvements increase the precision of the transit observations.

Über Optik und Feinbau des Pektins und seiner Derivate

Die hier wiedergegebenen Resultate wurden an gedehnten Pektinfäden gewonnen. Von diesen wurde jeweilen ein Teil durch Verseifen in Na-Pektat bzw. Pektinsäure übergeführt. Alle Reaktionen können bei Anwendung wasserfreier alkoholischer Lösungen fast ohne Quellung und Desorientierung der Fäden erreicht werden. Weitere Untersuchungen erfolgten an Folien, die aus Pektin- und Pektatlösungen gegossen wurden.

a) *Optische Daten*

Qualitative Untersuchungen von G. v. Iterson[1] und H. Pfeiffer[2] ergaben, daß Pektin negativ einachsig doppelbrechend ist, d. h. daß der größere Brechungsindex an orientierten Präparaten senkrecht zur Orientierungsrichtung auftritt. Unsere Messungen bestätigen diese Beobachtungen, indem wir an Fäden mit einem Dehnungsgrad von $v_t = 2{,}71$ (entsprechend einer Verlängerung des Fadens nach Dehnung und Trocknen von 171 %), folgende Doppelbrechungen messen konnten:

Tabelle 1

Doppelbrechung von Pektinpräparaten
$\lambda = 5460$ Å, relative Feuchtigkeit 60%, Temp. = 18° C

Präparat	$n_\parallel$	$n_\perp$	$(n_\parallel - n_\perp)$	n (Mittel)
Pektin $v_t = 2{,}71$	1,5029	1,5037	−0,0008	1,5033
Pektinsäure $v_t = 2{,}71$	1,5265	1,5328	−0,0063	1,5296

Diese Messungen (Immersionsmethode) stimmen außerordentlich gut überein mit Werten, welche durch direkte Messungen der Doppelbrechung mit Hilfe der Kompensationsmethode gefunden wurden. Der Wert für den mittleren Brechungsindex der Pektinsäure kann in derselben Größenordnung überdies auch aus dem Minimum der Formdoppelbrechungskurve abgelesen werden (Fig. 1). Verseifung verstärkt die negative Doppelbrechung.

Die in der Strömungstrommel sichtbare positive Doppelbrechung bei Pektinlösungen[1,2] kann damit eindeutig als Formdoppelbrechungseffekt identifiziert wer-

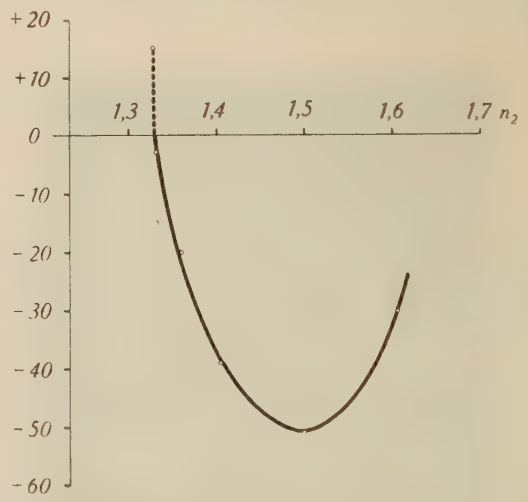


Fig. 1. Formdoppelbrechungskurve eines Folienquerschnittes von Pektinsäure. Ordinate: Gangunterschiede in mμ. Abszisse: Brechungsindizes der Imbibitionsmittel.

den. Diesen zeigen auch unsere Präparate, indem sie beim Quellen positiv doppelbrechend werden (Fig. 1).

Die quantitative Bestimmung der *Formdoppelbrechung* an Querschnitten durch ca. 50 μ dicke Folien aus reiner Pektinsäure ergibt die in Fig. 1 dargestellte Kurve. Als Imbibitionsflüssigkeiten dienten wasserfreie Alkohole und Xylol. Eine solche Folie ist als Stäbchenmischkörper aufzufassen, in welchem das Stäbchengerüst parallel zur Oberfläche angeordnet ist und dessen Stäbchen negative Eigendoppelbrechung (auf ihre Längsachsen bezogen) aufweisen.

[1] G. v. Iterson, L. Corbeau und W. G. Burgers, Chem. Weekbl. *30*, 2 (1933).

[2] H. Pfeiffer, Blätter f. Untersuchungs- und Forschungsinstrumente *16*, 18 (1942).

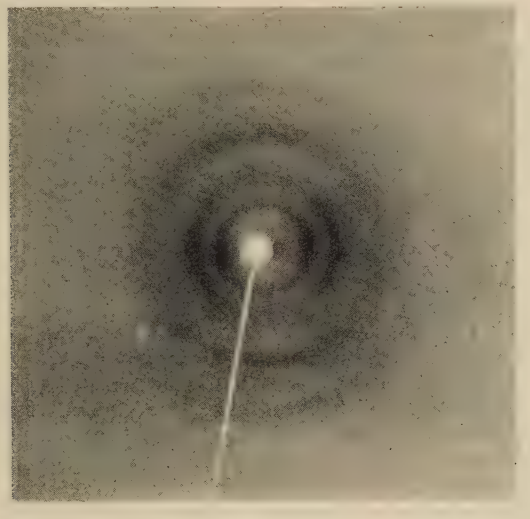
[1] G. Boehm, Archiv exp. Zellforschung *22*, 520 (1939).

[2] W. Pilnik, Mitteilungen aus dem Gebiet der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene *36*, 149 (1945).

Tabelle 2

Interferenz	Präparat: Pektin Θ^0	Pektin $\frac{d}{n}$ Å	Pektin I	Na-Pektat Θ^0	Na-Pektat $\frac{d}{n}$ Å	Na-Pektat I	Pektinsäure Θ^0	Pektinsäure $\frac{d}{n}$ Å	Pektinsäure I	Bemerkungen	Angaben nach Astbury u. Bell[1]
A_0	4° 04′	10,84	s. st.				4° 31′	9,76	s. st.	Tritt nur an Folien auf	22 Å (?)
A_1	6° 35′	6,69	s. st.	6° 11′	7,07	s. st.	6° 32′	6,92	s. st.		7 Å
A_2				11° 13′	3,95	schw.	11° 45′	3,77	schw.		5,3 Å (?)
A_3							18° 30′	2,42	s. schw.		2,6 Å
M_1	10° 34′	4,19	st.	10° 38′	4,29	st.	10° 35′	4,19	st.		4,2 Å
M_2	14° 17′	3,11	st.	14° 49′	3,01	st.	15° 00′	2,99	st.		3,1 Å
R_1				12° 55′	3,43	s. schw.	13° 10′	3,37	s. schw.		3,7 Å (?)
R_2				17° 28′	2,56	m.	17° 39′	2,55	m.		—
R_3				20° 19′	2,21	m.	20° 33′	2,19	m.		—
R_4				22° 09′	2,04	schw.					—

A = Äquator-, M = Meridianreflexe, R = bisher nicht aufgelöste Ringe.



g. 2. Diagramm eines gedehnten Pektinsäurefadens. Fadenachse der Abbildung vertikal. Cu—Kα-Strahlung. Plattenabstand 39 mm.

Aus diesen optischen Bestimmungen geht also eindeutig hervor, daß sowohl Pektin wie Pektinsäure zu optisch negativen, langgestreckten Mizellen zusammenreten, die sich bei der Dehnung ihres Gels mit den ängsachsen in die Richtung der Zugspannung einrehen.

b) *Röntgenographische Daten*

Die bisherigen Diagramme (Fig. 2 und Fig. 3) getatten die Vermessung einer Anzahl Netzebenenabtände. Dabei gelangen wir teilweise zu wesentlich anderen Werten als den von Astbury und Bell[1] angegebenen. Die in der Literatur sonst noch erwähnten Röntgenuntersuchungen von G. v. Iterson und Burgers[2] zw. von Kringstad und Lunde[3] enthalten keine Zahlenangaben.

Die angegebenen Messungen sind Mittelwerte aus einer größeren Anzahl von Diagrammen (Tab. 2).

[1] W. T. Astbury und F. O. Bell, Tabulae biologicae *18*, 280. 939).

[2] G. v. Iterson, L. Corbeau und W. G. Burgers, Chem. Weekbl. , 2 (1933).

[3] H. Kringstad und G. Lunde, Koll. Z. *83*, 202 (1938).

Bei allen untersuchten Fäden und Filmen tritt die diatrope Interferenz entsprechend einer Periode $d = 4{,}2$ Å und die paratrope Interferenz entsprechend $d =$ ca. 7 Å immer intensiv auf. Bei schlecht orientierten Präparaten sind dies oft die einzigen, eindeutig vermeßbaren Reflexe. Es kommt ihnen offenbar besondere Bedeutung für den Gitterbau der Pektinelementarzelle zu. Man ist versucht, den einen Reflex (diatrope Interferenz, entsprechend einer Periode $d = 4{,}2$ Å) folgendermaßen zu deuten:

Baut man sich nämlich eine Pektinmolekel aus gegeneinander abgewinkelten Pyranoseringen mit α-glukosidischer 1,4-Bindung auf, so entsteht in einer solchen gewinkelten Kette die Identitätsperiode von ca. 8,4 Å, wenn man als Valenzwinkel an der Sauerstoffbrücke den Tetraederwinkel von 109° 20′ ansetzt. Indiziert man unsere starke Meridianinterferenz mit (020) (2. Schichtlinie, die erste wäre dann als ausgelöscht zu betrachten), so ergibt sich aus ihrem Ablenkungswinkel eine Iden-

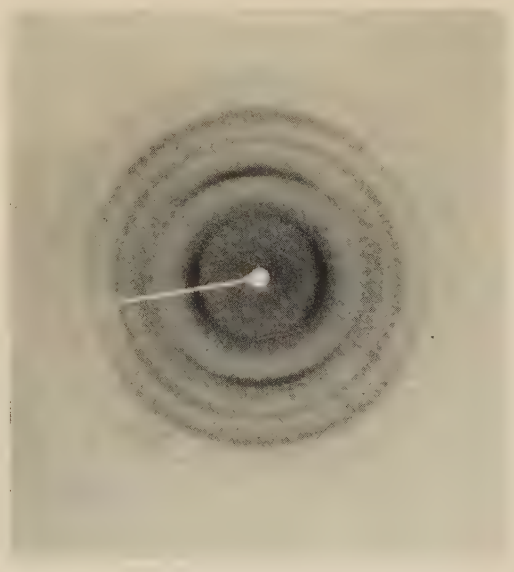


Fig. 3. Diagramm einer Pektinsäurefolie. Parallel zur Folienfläche durchstrahlt. Flächennormale der Folie in der Abbildung vertikal. Cu—Kα-Strahlung, Plattenabstand 39,38 mm.

titätsperiode von im Mittel 8,45 Å. Bei dieser Annahme würde die Interferenz mit d/n = ca. 2,2 Å als (040) zu indizieren sein, denn die aus ihr berechnete Identitätsperiode ergibt 8,8 Å, was in Anbetracht der bisher erreichten geringen Schärfe der Interferenzen mit großem Ablenkungswinkel als befriedigend angesehen werden darf.

Diese Überlegungen stehen im Einklang mit dem Bauplan für Alginsäure, dem von Astbury[1] gewinkelte Polymannuronsäureketten zugrunde gelegt wurden. Die von uns vermessene Identitätsperiode stimmt befriedigend mit seinen Messungen überein.

Als wesentliches Ergebnis ist aus unseren bisherigen Diagrammen also sichergestellt, daß auch bei dieser Substanz, die in der Zelle als Inkruste auftritt, analog zur Zellulose, die Gitterbereiche langgestreckte Form besitzen, in welchen die Galakturonsäureketten parallel zur Längsachse der Teilchen angeordnet sind.

Nach Tabelle 2 scheinen beim Na-Pektat, unter Beibehalten des Gitterbaues von Pektin, die Netzebenenabstände systematisch etwas größer auszufallen.

Alle Diagramme ergeben ferner, daß Pektin relativ am schlechtesten «kristallisiert». In verseiftem Zustand, als Na-Salz oder Säure, erscheinen sämtliche Interferenzen bedeutend schärfer und intensiver, was auf eine erhöhte Aggregation nach den Umsetzungen schließen läßt.

K. Wuhrmann und W. Pilnik

EMPA Hauptabteilung C, St. Gallen und Agrikulturchemisches Institut E.T.H. Zürich, den 24. Oktober 1945.

Summary

Investigations on fibres and folies of pectin show its negative double refraction (Eigendoppelbrechung). According to the X-ray diagrams the demethoxylated specimens «crystallize» in a higher degree than the original pectin. Calculations seem to support the hypothesis of folded chains.

[1] W. T. Astbury, Nature *155*, 667 (1945).

Die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrozyten als Meßvorgang für die Bewertung der Molekülgröße von Nukleinsäuren

Die Senkungsreaktion der Erythrozyten ist heute die meist angewendete Methode des klinisch-chemischen Laboratoriums. Wie wir gezeigt haben, trägt der Senkungsvorgang weitgehend unspezifischen Charakter und wird nicht nur in seinem Ablauf beschleunigt durch grobdisperse Plasmaproteine, sondern ebensosehr durch kolloid gelöste Polysaccharide. Werden solche hochpolymeren Teilchen durch Desaggregation (Glykogen) oder durch neutrale Hydrolyse (Pektin) abgebaut, so nimmt auch ihre senkende Wirkung dementsprechend ab (siehe Wunderly[1]). Wir haben nun diese Abhängigkeit der Senkungsbeschleunigung von der durchschnittlichen Länge der Kettenmoleküle dazu benützt, um eine Aussage zu gewinnen, ob eine Polynukleinsäure vom Ribosetypus oder vom Ribodesosetypus vorliegt. Für die Versuche standen zur Verfügung das Mononukleotid Adenosin-3-phosphorsäure[2], ferner 2 Hefenukleinsäuren, nämlich ein Trinukleotid von Merck sowie ein Tetranukleotid[1] von der Formel $C_{38}H_{49}O_{29}N_{15}P_4$. Diese Präparate sind in Wasser nur ungenügend löslich, dagegen gut in Blutserum (vgl. Wunderly[2]). Vom Ribodesosetypus hatten wir in sehr verdankenswerter Weise von Herrn Prof. R. Signer[3] (Bern) drei Proben erhalten von verschiedener Molekülgröße.

Für die Senkungsreaktion werden die Erythrozyten aus frisch gewonnenem Blut (Mensch) dreimal mit NaCl auf der Zentrifuge gewaschen, so daß am Ende eine Suspension von 100% vorliegt. In je 0,5 cm³ des homologen Serums werden soviel der Polynukleinsäuren gelöst, als in den Tabellen angegeben ist (diese Angaben beziehen sich auf das Gesamtvolumen des Ansatzes von 1,5 cm³). Zu je 0,3 cm³ dieser Lösung werden 1,2 cm³ der Erythrozytensuspension zufließen gelassen; nach Umschwenken wird in Original-Westergrenpipetten aufgezogen und in entsprechenden Zeiten die Senkung abgelesen.

Tabelle 1

Zusatz zu den Erythrozyten	Konz. im Senkgs.-Ansatz	Mol.-Gew.	Senkung in mm						
			10′	20′	40′	60′	90′	120′	20h
	mg%								
Serum (Leerversuch)	—	—	—	—	—	—	0,5	1	6
Mononukleotid . .	400	347	—	—	—	—	0,5	1	6
Trinukleotid	400	1033	—	—	—	—	0,5	1	6
Tetranukleotid . .	400	1303	—	—	—	—	0,5	1	6
Ribodesose-Polynukleotid . .	5	300000 ± 100000	—	—	0,25	0,50	1	1,5	14

Während das Mol.-Gew. der Ribosenukleinsäuren aus Hefe 1400 kaum übersteigt, haben neuerdings Cohen und Stanley[4] aus Tabakmosaikvirus Ribopolynukleotide isoliert mit einem Mol.-Gew. zwischen 150000 und 290000 und einem Achsenverhältnis von 27 zu 1. Da die Senkungsbeschleunigung in erster Linie von der Kettenlänge der zugesetzten Moleküle abhängt, ist anzunehmen, daß dieser hochpolymere Ribosetypus ähnlich senken würde wie die gemessene Ribodesosepolynukleinsäure. Liegt die letztere in drei verschiedenen Molekülgrößen vor, so erhalten wir folgende Senkungen:

Tabelle 2

Serumgelöste Ribodesosepolynukleinsäure				Senkung in mm						
Mol.-Gew.	$\eta_{rel}^{20°}$	Trübung abs.	Konz. im Senkgs.-Ansatz	10′	20′	40′	60′	90′	120′	20h
		$\cdot 10^{-2}$	mg%							
80000 ± 20000	1,065	5,45	5	—	—	—	1	2	3	16
300000 ± 100000	1,122	2,91	5	—	—	1	2	3	5	23
1000000 ± 300000	1,404	4,00	5	—	0,5	1,5	3	4	7	30
Leerversuch nur mit Serum . . .				—	—	—	0,5	1	1,5	8

[1] Wunderly, Vjschr. Naturf. Ges. Zürich 170 (1944).

[2] Wurde von der Firma Hoffmann-La Roche & Co. (Basel) freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

[1] Wurde von der Firma Hoffmann-La Roche & Co. (Basel) freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

[2] Wunderly, Helv. chim. acta *28*, 913 (1945).

[3] Vgl. Signer, Caspersson u. Hammarsten, Nature 122 (1938).

[4] Cohen u. Stanley, J. Biol. Chem. *144*, 589 (1942).

Die Methode erscheint geeignet, um eine Desaggregation der Kettenmoleküle, wie solche während der präparativen Aufarbeitung leicht eintritt, in einfacher Weise verfolgen zu können.

Um die Reaktion auch für die Zwecke der zytologischen Mikrochemie nutzbar zu machen, haben wir eine Mikromethode entwickelt, welche gestattet, vor einem Okularmikrometer d. M. die senkungsbeschleunigende Wirkung von 5 γ in 0,1 cm³ Ansatz zu messen.

Ch. Wunderly

Med. Universitätsklinik Zürich, den 2. November 1945.

Summary

The author has shown that the sedimentation rate of normal Erythrocytes (man) is not accelerated by Ribonucleicacids of a Mol. Weight of between 347 and 1243, but strongly so by Ribodesosenucleicacid of a Mol. Weight of approximately 300000.

Sulfamidés et flavinogenèse chez *Eremothecium Ashbyii*

Des champignons du genre *Aspergillus* et *Lichtheimia* ont servi aux premières recherches de Fourneau, E. et Mme Trefouel, F. Nitti et D. Bovet[1], qui mirent en évidence l'action empêchante sur la germination de la p-aminophénylsulfonamide. Cependant, l'effet des sulfamidés a été peu étudié avec cette catégorie de microorganismes. A. et Mme Mirimanoff[2] abordent la question en montrant l'inactivité du Cibazol sur quelques moisissures: *Rhizopus oryzae, Mucor hiemalis, Botrytis cinerea* et *Aspergillus niger.*

Pour diverses raisons, nous avons été amenés à rechercher si les sulfamidés agissent sur *Eremothecium Ashbyii*, Ascomycète fortement auxo-hétérotrophe et flavinogène, facilement cultivable en présence de peptones. En milieu synthétique, les substances actives de la peptone doivent être remplacées par de la *d,l*-β-biotine, de l'aneurine, du mésoinositol, auxquels s'ajoutent d'autres facteurs présents dans un filtrat de peptone traitée par le noir animal, différents des trois vitamines citées[1]. Les facteurs du filtrat peuvent être remplacés partiellement par un mélange de *l*-leucine et de *d*-arginine[2]. Le milieu synthétique utilisé ici, à base de glycocolle, de glucose et de sels minéraux contient les trois vitamines et une dose minimale de filtrat de peptone.

Onze sulfamidés ont été utilisés. Le moins actif est le guanicyl (sulfanilguanidine) à la concentration de 1:2500. Le Cibazol agit à la dose de 1:12500, l'albucide (N^1-acétylsulfanilamide) et l'Irgamide (N^1-diméthylacroylsulfanilamide) à la concentration de 1:50000, tandis que l'Irgafène (N^1-diméthylbenzoylsulfanilamide) est encore efficace à la concentration de 1:100000. Un effet net s'exprime déjà à la concentration 1:1000000.

Tous les sulfamidés utilisés ont leur action inhibée par l'acide p-aminobenzoïque, qui ne peut être remplacé par le mésoinositol. Quatre d'entre eux ont été étudiés plus en détail: Cibazol, Albucide, Irgamide et Irgafène. Ils ont un effet inhibiteur net sur la flavinogenèse, apparent avant que le développement du microorganisme soit ralenti et diminué.

Le rapport lactoflavine: poid, indique en γ la quantité de vitamine produite par mg de thalle sec.

Fréquemment, nous avons observé qu'avec le Cibazol la diminution relative de la flavinogenèse était précédée par une augmentation nette (tableau 1).

Tableau 1

	Cibazol concentration 1 pour:						
	contr.	250000	125000	50000	25000	12500	5000
Poids culture mg	1,5	0,9	0,8	0,8	0,1	0	0
lactoflavine γ/25 cm³	250	300	300	15	7,5	0	0
rapport lactoflavine: poids	0,17	0,33	0,38	0,020	0,075	—	—

Tableau 2

	Peptone en mg pour 25 cm³					
	0	3	6	30	60	120
Milieu + Cibazol 1:12500						
poids cultures mg	0	2,7	4	14,1	23,7	35,3
lactoflavine γ/25 cm³	0	75	175	700	750	800
Milieu sans Cibazol						
poids cultures mg	2,7	3,8	6,6	15,0	24,9	49,8
lactoflavine γ/25 cm³	150	500	700	1200	1400	1700

Ces observations peuvent être mises en relation, pour l'instant indirecte, avec les résultats de Jezierski[3] qui, avec le B. du choléra des poules, relève une augmentation ou une diminution des oxydations selon la dose de Cibazol utilisée.

[1] E. Fourneau, J. et Mme Trefouel, F. Nitti et D. Bovet, C. R. Soc. Biol., Paris *122*, 652 (1936).

[2] A. et Mme Mirimanoff, Pharm. acta Helv., n° 10 (1942).

[1] W. H. Schopfer, Helv. chim. acta *27*, 1017 (1944).

[2] W. H. Schopfer et Mlle M. Guilloud, Exper. *1*, 22 (1945).

[3] A. Jezierski, Habilitationsschr., Zürich 1944 (Veterinärpathol. Institut).

Etant donné le rôle éminent que jouent les peptones dans le métabolisme de notre microorganisme, il était indiqué d'étudier leur action en relation avec celle des sulfamidés. Onze peptones différentes ont été employées: toutes, à des concentrations variables, ont un pouvoir antisulfamide net (tableau 2).

Nous retrouvons le fait essentiel mis en évidence par Lockwood et Lynch[1] en 1940 ainsi que par Nitti, Tabone et Mousset[2] relatif à l'action antisulfamide de la peptone.

Le filtrat d'une solution de peptone à 6%, dont la teneur en matière sèche a passé de 6 à 0,515% et le taux en azote de 0,378% à 0,0022%, manifeste encore une action antisulfamide nette, quoique plus faible que celle de la peptone pure, non traitée par la norite.

Comme, selon toute apparence, la peptone est privée d'acide p-aminobenzoïque et que d'autre part ce dernier est retenu par la norite, il faut envisager, ici aussi, la possibilité d'une action antisulfamide indépendante de l'acide p-aminobenzoïque.

W. H. Schopfer et Mlle M. Guilloud

Institut de Botanique de l'Université de Berne, le 5 novembre 1945.

Nous remercions les Etablissements F. Hoffmann-La Roche & Co. (Bâle) pour les produits qu'ils nous ont fait aimablement parvenir, ainsi que les Etablissements CIBA (Bâle), Geigy (Bâle) et CILAG (Schaffhouse) pour les sulfamidés qu'ils ont obligeamment mis à notre disposition.

Summary

Different sulphanilamides show an inhibiting action on *Eremothecium Ashbyii*. This effect is marked by a diminution in the formation of flavine, visible already before the decrease of the weight of the culture. Peptones possess a very high anti-sulphanilamide power.

[1] Lockwood and Lynch, J. Amer. med. Ass. *114*, 935 (1940).
[2] Nitti, Tabone et Mousset, Ann. Inst. Pasteur *68*, 474 (1942). Tabone, Bull. Soc. Chim. biol., Paris *26*, 137 (1944).

L'acide thymonucléique polymérisé, principe paraissant susceptible de déterminer la spécificité sérologique et l'équipement enzymatique des bactéries. Signification pour la biochimie de l'hérédité

Dans des publications antérieures[1], nous avons montré que les colibacilles existent sous de très nombreux types distincts, dont chacun est défini par la possession d'un polysaccharide spécifique particulier, se caractérisant par sa constitution chimique et par son comportement sérologique. En outre, des différences dans le détail des propriétés biochimiques se rencontrent parmi tous ces colibacilles.

Lorsqu'on vient à cultiver un de ces types sur bouillon, puis à filtrer la culture à travers une bougie et enfin à ensemencer le filtrat avec un autre type, on peut obtenir des résultats très différents selon les germes utilisés:

1. Le second type ne se multiplie pas ou se multiplie très mal dans le milieu où s'est préalablement développé le premier type; tantôt cela tient à l'intervention d'un phage porté par le premier en mode inapparent et auquel le second se trouve être fort sensible; tantôt aucun phage n'entre en ligne et on est en face d'un phénomène d'antagonisme bactérien vrai, un principe (ou des principes?) bactériostatique pour le second type étant élaboré par le premier.

2. Le second type se multiplie bien, sans subir aucune modification (c'est le cas le plus fréquent).

3. Le second type se multiplie abondamment, mais en subissant des transformations dans ses propriétés biochimiques ou antigéniques. Dans le premier cas, le comportement du germe à l'égard de certains «substrats» change, pour s'aligner sur celui que manifeste le premier type à l'égard des mêmes substrats[1]. Dans le second cas, le deuxième type perd son antigène «somatique» (passage de la forme «smooth» normale, pourvue de son polysaccharide spécifique, à la forme dégradée «rough», dépourvue du même polysaccharide) ou *quelquefois* il subit un changement de spécificité, en acquérant l'exacte spécificité propre au premier type (remaniement du polysaccharide). La transformation de type semble bien se faire par les étapes suivantes: forme smooth N° 2 → forme rough correspondant au N° 2 → forme smooth N° 1.

De pareilles constatations montrent bien que l'antagonisme microbien — dont il est tant parlé et à juste raison depuis la découverte de la pénicilline — n'est que l'un des aspects possibles des interactions entre deux bactéries différentes, interactions qui doivent jouer un grand rôle dans l'établissement des flores microbiennes dans le sol, dans les eaux, etc., et aussi, dans l'organisme, à la surface des diverses muqueuses, dans le gros intestin. etc.

Nous avons étudié, en détail, un cas d'induction d'une spécificité sérologique nouvelle et d'un équipement enzymatique nouveau par action d'un colibacille sur un autre colibacille et nous avons pu préciser la nature du principe inducteur élaboré par le premier germe.

Il s'agit de deux colibacilles retirés des matières fécales humaines normales, que nous désignerons par C_1 et C_2. C_1 renferme un polysaccharide donnant la réaction des acides uroniques; il ne fait pas fermenter le saccharose, même après passages répétés sur des milieux contenant ce disaccharide. C_2 renferme un polysaccharide de tout autre spécificité sérologique, ne donnant pas la réaction des acides uroniques; il fait fermenter le saccharose avec production d'acides (intervention d'enzymes «constitutifs» au sens de Karström). Or, si l'on vient à cultiver pendant quelques jours C_2 smooth dans un filtrat de culture de C_1 smooth, on obtient côte-à-côte des germes répondant à C_2 smooth, à C_2 rough et à C_1 smooth (on les sépare par l'artifice habituel des colonies isolées sur gélose); si l'on cultive C_2 rough dans les mêmes conditions, on passe à un mélange de C_2 rough et de C_1 smooth; si enfin on cultive C_1 rough, on aboutit à un mélange de C_1 rough et de C_1 smooth. C_1 issu de C_2 présente les mêmes caractères antigéniques et enzymatiques que C_1 naturel. Des résultats identiques peuvent être atteints en substituant au filtrat de culture de C_1 smooth du bouillon auquel on a ajouté un autolysat de C_1 smooth (tuer les germes par le toluène, les laisser s'autolyser à 37°C, centrifuger pour éliminer les cadavres microbiens). Le principe actif se retrouve dans la fraction nucléoprotéidique qu'on peut isoler de l'autolysat par précipitation à

[1] A. Boivin, L. Corre et Y. Lehoult, C. R. Soc. Biol. *136*, 98, 257 et 432 (1942); *137*, 42, 138, 410 et 714 (1943). — Bull. Acad. Méd. *127*, 95, 125 et 162 (1943). — Rev. Immunol. *7*, 97 (1942).

[1] Des phénomènes du même ordre ont été rencontrés par Lisbonne, Nègre, Roman et Seigneurin (Ann. Inst. Pasteur *61*, 822 [1938]) au cours de leurs ingénieuses expériences de «parabiose» (culture de deux bactéries dans deux portions d'un même milieu séparées par une membrane de collodion infranchissable pour les germes, mais perméable à leurs produits métaboliques).

3,5. Il se retrouve dans l'acide nucléique qu'on libère ce nucléoprotéide par digestion pepsique, suivie de cipitations fractionnées par l'alcool additionné d'ae chlorhydrique. En réalité, on aboutit ainsi à un lange d'acide ribonucléique et d'acide thymonuique. L'activité persiste après action de la ribonucléotidase, mais disparaît après celle de la thymonucléotidase (enzymes pancréatiques). Le principe tif apparaît donc comme étant un acide thymonuique à l'état polymérisé. Cette conclusion s'accorde inement avec la découverte, faite tout récemment par TERY, MACLEOD et MACCARTY[1], de la nature thymocléique du principe susceptible de provoquer la transrmation de type chez les pneumocoques; mais les néricains ne paraissent pas avoir rencontré de transrmations dans l'équipement enzymatique de leurs rmes.

Il semble bien établi, maintenant, que la cellule bacrienne possède un petit noyau à acide thymonucléique, yé dans un cytoplasme à acide ribonucléique. Le prinpe issu de C_1 et qui se montre capable d'imposer à une constitution moléculaire nouvelle pour son polyccharide et un équipement enzymatique nouveau, ne sulte-t-il pas d'une simple «solubilisation» de l'appail chromosomien rudimentaire de C_1? L'hypothèse fre quelque vraisemblance. Si elle répond à la réalité, e ouvre des horizons tout à fait nouveaux et combien ometteurs en ce qui concerne la biochimie de l'hérété. En particulier, c'est du côté de l'acide nucléique non plus de la protéine de la macromolécule nucléotéidique constituant un gène qu'il faudrait chercher raison des propriétés inductrices propres à ce gène. la amènerait à envisager la possibilité d'une structure primaire» ou plus vraisemblablement «secondaire») sceptible de différencier entre eux les divers acides cléiques à désoxyribose, sous leur état naturel de lymérisation.

ANDRÉ BOIVIN, ALBERT DELAUNAY,
ROGER VENDRELY et YVONNE LEHOULT

Institut Pasteur (Paris – Garches), le 10 novembre 1945.

Summary

Interactions between two types of bacteria can proce either inhibition of the growth of one of these acteria or transformation of their biochemical or antenic properties. Authors have shown and studied one se of induction of a new serological specificity and new enzymic equipment in a *Bacterium coli*. This inuction was produced through a substance liberated, uring autolysis, by an other *Bacterium coli*. Active rinciple is a thymonucleic acid which, maybe, results om a solubilisation of chromosomes of the inductor acteria. Hypothesis appears likely.

[1] J. exp. Med. *79*, 137 (1944).

---

i alcuni fenomeni corticali che accompagnano fecondazione e le prime divisioni dell'uovo di riccio di mare

Dalle osservazioni in luce polarizzata mie e di . MONROY ODDO[1] è risultato che il cortex dell'uovo ergine di riccio di mare ha struttura submicroscopica radiale con asse ottico normale e birifrangenza *positiva* (rispetto al raggio). Le nostre osservazioni ci hanno inoltre portato ad ammettere che il cortex è costituito esclusivamente da lipidi (probabilmente fosfolipidi + colesterina) e che per le sue caratteristiche ottiche e proprietà fisiche, si può considerare come un cristallo fluido di tipo smettico[1].

Quando l'uovo viene fecondato, non appena lo spermio tocca il cortex dell'uovo, scompare la birifrangenza corticale. Questa reazione sembra precedere, se pur di poco, l'elevazione della membrana di fecondazione. La quale, come è noto, presenta una birifrangenza *negativa* (rispetto al raggio) assai evidente, dovuta alla sua struttura foliare ed alla sua natura proteica.

All'inizio dell'anafase della prima mitosi però, la birifrangenza corticale riappare; dapprima è assai debole, ma aumenta rapidamente di intensità, pur senza raggiungere quella che ha nell'uovo vergine, *e sempre con carattere ottico positivo*. Tra i ricci da me studiati solo nelle uova di *Arbacia pust.* non mi è riuscito finora di mettere in evidenza il riapparire della birifrangenza corticale all'inizio dell'anafase della prima mitosi, né nelle uova normali né in quelle centrifugate (e cioè dopo avere dislocato il pigmento). Anche il valore della birifrangenza — calcolato col metodo di SCHMITT e BEAR[2] (v. A. MONROY e A. MONROY ODDO[3]) — ha fornito valori assai vicini a quelli dell'uovo vergine; il che fa pensare che la costituzione chimica della formazione sia sostanzialmente la stessa.

Con l'inizio della formazione del solco equatoriale la birifrangenza scompare ai poli dell'uovo mentre rimane ancora evidente nelle zone equatoriale e subequatoriale. Ciò è probabilmente in relazione con l'espansione che in questo stadio subisce lo strato corticale delle regioni polari (DAN, YANAGITA e SUGIYAMA[4]), espansione che, data la natura liquocristallina del cortex, si traduce in uno scompigliamento della sua tessitura con conseguente scomparsa della birifrangenza. Anche nelle zone equatoriali e subequatoriali la scomparsa della birifrangenza si ha durante la fase espansionale, e cioè durante la telofase, quando il solco si è molto approfondito.

Formatisi i due blastomeri, nessuna birifrangenza corticale è in essi dimostrabile fino all'inizio della seconda anafase, momento in cui essa riappare, ma molto debole, su ognuno dei due blastomeri, per scomparire ancora alla metà della telofase. Nulla di simile ho potuto osservare durante la terza divisione e nelle divisioni successive; ciò però non esclude — anzi è molto probabile — che il fenomeno si verifichi, ma è forse così debole che non è rivelabile nelle condizioni delle mie osservazioni.

Il fatto che un tale ordinamento strutturistico submicroscopico dello strato corticale — del quale sono espressione i descritti fenomeni osservabili in luce polarizzata — si manifesta nel periodo ana-telofasico, fa

[1] A. MONROY e A. MONROY ODDO, Boll. Soc. it. Biol. sper. IX, p. 70 (1945); Pubbl. Staz. Zool. di Napoli (in corso di pubblizione).

[1] Da una lettera privata del Prof. RUNNSTRÖM, Stockholm, apprendo che anche egli ha visto la birifrangenza corticale positiva dell'uovo vergine di riccio di mare e che su questo argomento ha un lavoro in pubblicazione, mentre una nota preventiva sarebbe già apparsa; ma le attuali difficoltà degli scambi mi hanno finora impedito di prenderne visione.

[2] F. O. SCHMITT e R. S. BEAR, J. cell. comp. Physiol. IX, p. 261 (1937).

[3] A. MONROY e A. MONROY ODDO, Boll. Soc. it. Biol. sper. XIX, p. 70 (1945); Pubbl. Staz. Zool. di Napoli (in corso di pubblicazione).

[4] K. DAN, T. YANAGITA e M. SUGIYAMA, Prot. XXVIII, p. 66 (1937).

pensare che esso sia in rapporto con le variazioni di idratazione dei colloidi citoplasmatici che si hanno in quel periodo, tenuto conto anche del valore orientativo che le molecole dell'acqua hanno per quelle lipidiche. Per queste mie prime osservazioni non sono però ancora in grado di stabilire quali siano i fattori che determinano la scomparsa della birifrangenza corticale al momento della fecondazione, né quale sia l'importanza di questo fenomeno nella fisiologia della reazione di fecondazione né se esso abbia o meno un rapporto causale con l'elevazione della membrana di fecondazione.

A. Monroy

Stazione Zoologica di Napoli, 12 novembre 1945.

Summary

It is shown that the positive cortical double refraction of the unfertilized sea-urchin egg demonstrated in polarized light disappears on fertilization and reappears with the beginning of the anaphase. During the telophase the double refraction disappears again. It has been found that this phenomenon is in some way connected with the changes of the cytoplasmic colloids.

Einschlußkörper und Entwicklungsstadien bei Rickettsien?

Giroud[1] fand beim experimentellen Fleckfieber intrazelluläre Einschlüsse, die er zu Virus-Einschlußkörpern in Analogie setzt. *Rickettsia prowazeki* soll dabei folgende Entwicklungsphasen durchlaufen: Corps homogènes → éléments en bleu clair → corps granuleux → rickettsies. Begg[2] und Mitarbeiter beschrieben «homogeneous inclusions» und «morulae» und vermuten, daß die ersteren unreife Stadien der «morulae» seien. Diese Beobachtungen sind korrekt, nicht aber deren Interpretation. Die Autoren fanden diese Gebilde bei der Adaptation von *R. prowazeki* an das relativ resistente Kaninchen. Im hochempfänglichen Wirt wie im Falle der Infektion der Maus mit murinem Fleckfieber vermehren sich die Rickettsien ungehemmt im Plasma der Zellen, bis dieselbe platzt. Im resistenten Wirt — intraperitoneale Inokulation der Maus mit Lunge des klassischen Stammes — wird die Infektion rasch gedrosselt. Die Rickettsien schwärmen bei ihrer Vermehrung oft nicht diffus ins Zellplasma aus, sondern bleiben beieinander, kugelige Kolonien dicht gepackter Stäbchen bildend: Corps granuleux, morulae. Aus ihnen entstehen durch intrazellulären Abbau Corps homogènes. Diese «Entwicklung» geht besonders in Makrophagen vor sich, die leicht an ihrem wabigen Protoplasma zu erkennen sind. Sie enthalten oft phagozytierte Zellen in allen Stadien der Desintegration und körnigen Zerfalls des Kernes, welche Virus-Einschlußkörpern gleichen. Giroud[1] hat noch einen zweiten Entwicklungszyklus der *R. prowazeki* beschrieben: Corps homogènes → petites sphérules → anneaux → rickettsies. Er fand diese Sphérules, Ringe und vibrioartigen Gebilde in Lungen von Mäusen, in welchen er einen Stamm klassischen Fleckfiebers durch intranasale Passagen weiterführte. Nach nasaler Inokulation auf Kaninchen waren diese Gebilde nicht mehr zu finden, sondern nur Corps homogènes und typische Rickettsien, nach Giroud ein experimenteller Beweis für die Rickettsiennatur der Ringe. Bei Mäusepassagen eines Stammes klassischen Fleckfiebers habe ich dreimal das Auftreten dieser Gebilde beobachtet. Sie traten jedesmal in Erscheinung, wenn durch die Passagen das latent in Mäusen schlummernde Virus der Ektromelie plötzlich manifest wurde und dabei einen zweiten latent in fast allen Mäusezuchten vorhandenen Erreger mobilisierte: das *Eperythrozoon coccoides*[1,2]. Sowohl in den Lungenausstrichen, besonders aber nach intraperitonealer Inokulation solcher Lungen in Mäuse, fanden sich oft gewaltige Mengen dieses Erregers frei und in dichten Rasen auf den Endothelzellen wuchernd. Durch eine Meerschweinchenpassage werden Virus der Ektromelie und *E. coccoides* leicht ausgeschaltet, und man erhält wieder einen Stamm, in welchem nur Rickettsien zu finden sind. Herr Professor Giroud war letzthin so freundlich, mir einen Stamm murinen Fleckfiebers in der Form gefrorener Mäuselungen zu senden. Er war kontaminiert mit dem Virus der Ektromelie und mit *E. coccoides*. Da das Kaninchen wie das Meerschweinchen nicht empfänglich ist für *E. coccoides*, ist das Verschwinden der Sphérules und Ringe in Girouds Experimenten erklärt. Durch Meerschweinchenpassage und Rückversetzung des Stammes in die Lunge weißer Mäuse ergab sich ein reiner Rickettsienstamm mit gewaltigen Mengen von Rickettsien in den Lungenausstrichen. Durch längeres Aufbewahren des nicht durch Meerschweinchen passierten Stammes in Glyzerinnährbouillon āā bei 2—4° C wurde die Rickettsie ausgeschaltet. Die Inokulation in Mäuse erzeugte wieder eine Mischinfektion von Ektromelievirus mit *E. coccoides*, das auf Grund seiner charakteristischen Ring- und Tennisracket-Formen mit nichts anderem zu verwechseln ist.

H. Mooser

Hygiene-Institut der Universität Zürich, den 13. November 1945.

Summary

The "inclusion bodies" described by several authors in rickettsial infections are not of uniform etiology. In relatively resistant animals *R. prowazeki* forms round intracellular colonies composed of closely packed rickettsiae. Intracellular digestion transforms these colonies into homogeneous inclusions. Other inclusions are the result of intracellular digestion of phagocytized cells. The sphérules and anneaux described by Giroud as stages of a development cycle have nothing to do with *R. prowazeki*. They belong to *Eperythrozoon coccoides*.

[1] V. Schilling, Klin. Woch. *7*, 1853 (1928).
[2] J. E. Dinger, Zentr. Bakt. Orig. *113*, 503 (1929).

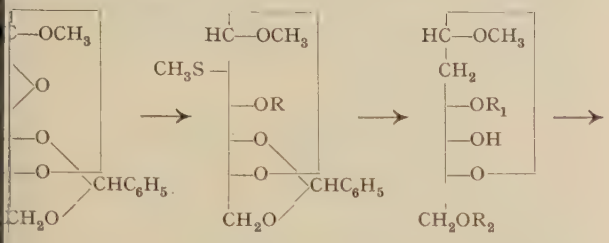
Eine neue Methode zur Darstellung von Desoxyzuckern[1]

Im Bestreben, neue Methoden zur Bereitung von Desoxyzuckern zu entwickeln, wurde das 2,3-Anhydro-*d*-allosidderivat (I)[2] mit $NaSCH_3$ umgesetzt, wobei zur Hauptsache ein Thiohexosidderivat (II) entstand, das durch ein krist. Tosylat (III) sowie durch einen krist. Methyläther (IV) charakterisiert wurde. Bei der Behandlung von (II) mit wasserstoffhaltigem Raney-

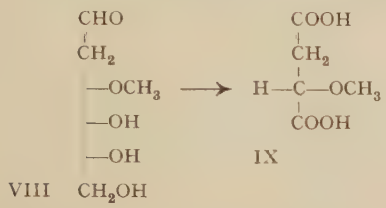
[1] P. Giroud, C.R. Soc. Biol., Juli (1945).
[2] A. M. Begg, F. Foulton und M. van der Ende, J. Path. und Bact. *56*, 109 (1944), zitiert nach Ref. in Brit. med. Bull. Nr. 12 (1944).

[1] Die ausführliche Publikation erscheint in den Helv. chim. acta.
[2] G. J. Robertson, C. F. Griffith, J. Chem. Soc. London 1193 (*1935*); N. K. Richtmyer, C. S. Hudson, J. Amer. Chem. Soc. *63*, 1730 (1941).

tkel in Äthanol[1] entstand ein Desoxyhexosid-rivat (V), während aus (IV) in analoger Weise der ethyläther (VI) entstand, der durch ein krist. 3,5-nitrobenzoylderivat (VII) charakterisiert wurde.



I II R = H V $R_1 = R_2 = H$
III R = p-Tosyl VI $R_1 = CH_3$; $R_2 = H$
IV $R = CH_3$ VII $R_1 = CH_3$; R_2 = 3,5-Dinitrobenzoyl.



VIII IX

[1] R. Mozingo, D. E. Wolf, S. A. Harris, K. Folkers, J. Amer. em. Soc. *65*, 1013 (1943).

Aus (VI) wurde durch warme 0,05 n. Mineralsäure schon innert 30 Minuten der reduzierende Zucker (VIII) in Freiheit gesetzt, der bei der Oxydation mit wäßrigem $KMnO_4$[1] zu *l*(−)-Methoxybernsteinsäure (IX)[2] abgebaut wurde, die als Diamid gefaßt und eindeutig charakterisiert wurde. Diese Befunde machen die benützte Formulierung für die verschiedenen Produkte sehr wahrscheinlich und beweisen die Konfiguration der Substituenten an den C-Atomen 1—4 sowie deren Vorliegen in gerader Kette.

Analoge Umsetzungen wurden mit den 2,3-Anhydroderivaten der Mannose, Talose und Gulose ausgeführt. Hierüber wird später berichtet.

R. Jeanloz, D. A. Prins und T. Reichstein

Pharmazeutische Anstalt der Universität Basel, den 17. November 1945.

Summary

A new method for the preparation of desoxy sugars and the elucidation of their structure is described.

[1] C. W. Shoppee, T. Reichstein, Helv. chim. acta *25*, 1611 (1942).
[2] T. Purdie, G. W. Neave, J. Chem. Soc. London *97*, 1519 (1910).

Bücherbesprechungen - Compte rendu des publications Resoconti delle pubblicazioni - Reviews

Festschrift
um 60. Geburtstag von Prof. Dr. Andreas Speiser

Mit 1 Bildnis, 246 S., 8°
(Orell-Füßli-Verlag, Zürich 1945) (brosch. Fr. 8.—)

Die Festschrift zu Ehren des Basler Mathematikers ndreas Speiser spiegelt in ihren 23 Beiträgen deutch die verschiedenen Interessengebiete des Jubilars, ine Mathematik, Philosophie und Geschichte der Mahematik wieder. Die Reihe der nach Manuskripteingang eordneten Abhandlungen wird durch einen glücklichen ufall mit dem repräsentativen Thema «Basel und der eginn der Variationsrechnung» aus der Feder des Altheisters Carathéodory (München) eröffnet.

Der Verfasser zeigt, wie Eulers erste Arbeiten, welhe die moderne Variationsrechnung begründet haben, uf den Untersuchungen von Jakob und Johann Bernoulli beruhen, die damals um 1700 beim Streit um as isoperimetrische Problem die beiden Brüder endültig miteinander verfeindeten. Der Unterschied ihrer nsätze, um der isoperimetrischen Bedingung zu geügen — Benutzung eines Dreiseits aus dem Approximationspolygon der zu variierenden Kurve bei Jakob nd eines Zweiseits von konstanter Länge bei Johann — ird aus dem weitschichtigen und «verschlackten» Maerial lichtvoll herausanalysiert und die Differentialeichung der Lösungskurve des Variationsproblems owohl nach Jakobs wie nach Johanns Methode in oderner Schreibweise hergeleitet.

Ein zweites «Basler Problem» wird in dem Artikel von O. Spieß (Basel) behandelt. Jakob Bernoulli hatte nach der Summe der reziproken Quadratzahlen $\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1}{\nu^2}$ gefragt. Es war Euler, der zuerst mittels Integration und einer anfechtbaren funktionentheoretischen Methode diesen Wert zu $\frac{\pi^2}{6}$ bestimmte, was Johann Bernoulli aus einer brieflichen Andeutung Eulers übrigens sofort erraten hatte. Der Autor bringt die bisher unbekannte direkte Lösung des Basler Problems von Niklaus Bernoulli, die auf bloßer Umformung des Quadrats der Leibnizschen Reihe für $\frac{\pi}{4}$ beruht. Diese kurze Herleitung von wenigen Zeilen findet sich als Randbemerkung zu dem Exemplar der Opera Jacobi Bernoullii, das die Basler Universitätsbibliothek besitzt, an der Stelle, wo Jakob zum ersten Male das Problem aufgeworfen hatte.

Sprach Carathéodory über Eulers erste Arbeiten, so behandelt Ackeret (Zürich) dessen letzte, durch den Tod abgebrochene Abhandlung: die Theorie des Luftballons, zu der Euler durch den kurz vor seinem Tod erfolgten berühmten Aufstieg der Brüder Montgolfier angeregt wurde. Ackeret diskutiert die Eulerschen Näherungslösungen der Differentialgleichung für die Aufstiegsgeschwindigkeit des Luftballons und vergleicht sie mit modernen aerodynamischen Ergebnissen.

Die historischen Beiträge lassen genügend deutlich die Gestalt des großen Basler Mathematikers hervor-

treten, mit dessen Name Speiser auch als Generalredaktor der großen Eulerausgabe verbunden bleibt.

Den philosophisch-historischen Interessen des Jubilars sind die Artikel von de la Harpe (Neuchâtel) und Wavre (Genf) gewidmet. Bei der Betrachtung der Entwicklung des Zeitbegriffs in der griechischen Philosophie kommt ersterer zum Schluß, daß dieser Begriff bei den Griechen letztlich im Mythologischen verwurzelt blieb und bei allen Philosophen nur in bezug auf die Ewigkeit existiert. Am nächsten der Moderne kommt noch Aristoteles mit seinem Kontinuum des Vorher-Nachher. Platons große Entdeckung, den Gegensatz zwischen dem andauernden heraklitischen Wechsel und dem konstanten eleatischen Sein als dialektische Gegenpole aufzufassen und die Zeit als das «sinnlich-intelligible Modell der Ewigkeit» zu symbolisieren, geht in der Folge bei den Neuplatonikern im Plotinschen metaphysischen Zeitrealismus verloren. Die bekannten Paradoxien der Eleaten stellen dabei gewissermaßen die Morgendämmerung der wissenschaftlichen Analyse des Zeitbegriffs in der griechischen Philosophie dar. Sie werden von Wavre besonders untersucht, wobei Zenons Antinomien mit ihrer Unausschöpfbarkeit des Kontinuums durch ganze Zahlen als «unbewußte» Vorläufer der modernen Mengenlehre gewürdigt werden.

Ganz ins Philosophische und Psychologische mit seinen künstlerischen und religiösen Aspekten führt Dumas' (Lausanne) Beitrag zur «mathematischen Denkweise» über «Mythe, expérience, pari», während die Arbeiten von Scholz (Münster) und Dürr (Zürich) wieder spezifisch mathematische Anliegen behandeln. Scholz weist auf die bahnbrechende Bedeutung der Pascalfragmente «de l'esprit géométrique» hin, wo zum ersten Male mustergültig versucht wird, neben die von Aristoteles und Descartes begonnene Axiomatik der Mathematik eine Theorie der Definitionen zu stellen. Dürr gibt eine gründliche Analyse der weithin unterschätzten logischen Jugendschrift Lamberts «Sechs Versuche einer Zeichenkunst in der Vernunftlehre» (1753/55) und zeigt mittels Modernisierung der Lambertschen Symbolik, wie dieser manche Sätze der Logistik schon mit seiner Merkmalstheorie der Begriffe gefunden hat, und daß ihm für die allgemein bejahenden Sätze der Aristotelischen Logik die Zurückführung auf Gleichungen gelang.

Die angewandte Mathematik wird durch eine Arbeit von Jecklin (Zürich) vertreten, in welcher mittels einer Jensenschen Ungleichung aus der Theorie der reellen Funktionen eine neue Approximationsformel für die Prämienrechnung im Versicherungswesen abgeleitet wird.

Für den Pädagogen ist der Artikel von Trost (Zürich) interessant. Mit einer einfachen Abschätzung von van der Waerden wird eine elementare geometrische Herleitung der Stirlingschen Formel

$$n! = \sqrt{2\pi}\, n^{n+\frac{1}{2}} e^{-n+\frac{\vartheta}{12n}}$$

gegeben, so daß diese nun auch für die Schule erobert ist.

Der Kern des Werkes von Andreas Speiser ist die Mathematik im engeren Sinne, besonders die Zahlen- und Gruppentheorie. Unter Minkowskis Führung hat er zuerst über quadratische Formen gearbeitet — ein Gebiet, das seit Gauss von eminenter Bedeutung für die Theorie der algebraischen Zahlen ist. Sein Hauptwerk ist das — heute «klassische» — Lehrbuch der Gruppen von endlicher Ordnung. Grundlegend für die Zahlentheorie hyperkomplexer Größen war seine «Idealtheorie in rationalen Algebren», als Anhang publiziert in L. E. Dickson: Algebren und ihre Zahlentheorie. Untersuchungen über Variationsprobleme, über Riemannsche Flächen und über geschichtliche Fragen ergänzen das fachwissenschaftliche Werk von Speiser.

Dieser Überblick war notwendig, um im Zusammenhang die Bedeutung der Beiträge zu würdigen, die den mathematischen Teil der Festschrift ausmachen, der nach speziellen Fachgebieten mit genauem Titelzitat besprochen werden möge.

1. Quadratische Formen

H. Brandt (Halle): «Über quadratische Kern- und Stammformen.»

M. Eichler (Göttingen): «Zur Theorie der quadratischen Formen gerader Variablenzahl.»

Untersuchungen Brandts über die Einteilung der quadratischen Formen — auf Speisers Anregung schon vor Jahrzehnten begonnen und bis heute fortgesetzt — werden von Eichler mit der Zahlentheorie der Algebren in Verbindung gebracht.

2. Gruppentheorie und Theorie der Algebren

Die Theorie der quadratischen Formen in ihrer neuesten, von Siegel geschaffenen Gestalt wird mit den Mitteln der Algebrentheorie durchdrungen und dargestellt im Beitrag von

H. Weyl (Princeton, N. J.): «Fundamental domains for lattice groups in division algebras».

Eine in der Zahlentheorie der Algebren auftretende Verallgemeinerung eines Speiserschen Gruppensatzes bringt

R. Brauer (Toronto): «On hypercomplex arithmetic and a theorem of Speiser».

Aus den Bewegungsgruppen der einfachen Ebene leitet

J. J. Burckhardt (Zürich): «Die Bewegungsgruppen der doppelt zählenden Ebene» her.

3. Theorie der algebraischen Zahlen

R. Fueter (Zürich): «Über die Normalbasis in einem absolut Abelschen Zahlkörper» liefert einen Beitrag zur Theorie der Klassenkörper.

P. Finsler (Zürich): «Über die Primzahlen zwischen n und $2n$» ist ein Kabinettstück elementarer Zahlentheorie und bringt eine neue Verschärfung des Satzes von Tschebyscheff über die Anzahl der Primzahlen. (Zwischen n und $2n$ gibt es für $n > 1$ mehr als $\frac{n}{3 \log 2n}$ und weniger als $\frac{7n}{5 \log n}$ Primzahlen.)

4. Gruppentheorie und Topologie

Die Verbindung dieser wichtigen Disziplinen der neueren Mathematik tritt in Erscheinung bei Oystein Ore (New Haven, Conn.): «Graphs and correspondences»,

George D. Birkhoff: «One-Dimensional Metric Geometry and the Equation $f(x+y) = f(x)+f(y)$»,

Garret Birkhoff (Cambridge, Mass.): «Lattice-ordered Lie groups» und

H. Cartan (Paris): «Méthodes modernes en topologie algébrique.» Der letzte Beitrag erscheint ausführlich in den «Commentarii Mathematici Helvetici», ebenso italienische Arbeiten, die nicht rechtzeitig eingetroffen sind, und der Schluß der Abhandlung von H. Weyl.

5. Analysis

Die beiden Artikel:

Ch. Blanc (Lausanne): «Sur le calcul des transformées de Laplace de certaines fonctions»,

W. Nef (Fribourg): «Ein Satz über die Differenzierkeit der Funktionen von beschränkter Schwankung topologischen Räumen» geben Verallgemeinerungen n Sätzen aus der komplexen und reellen Funktionentheorie.

J. O. Fleckenstein und E. Schubarth

Cytology and Cell Physiology

Herausgegeben von Geoffrey Bourne
(Oxford, Clarendon Press, 1945)

Dieses Buch von 296 Seiten enthält Beiträge der mhaftesten Biologen und Zellforscher Englands. n jeder von ihnen hat die Bearbeitung jenes Teilbietes übernommen, wo er selbst Spezialist ist. Darch haben die Beiträge eine persönliche Note und rmitteln um so klarer die Stellungnahme des Autors strittigen Problemen. Wie im Vorwort berichtet wird, das Buch in seiner ersten Fassung in der kritischen riode entstanden, wo 1941 London den «Blitz» über h ergehen lassen mußte. So wurden einige Beiträge im Kerzenlicht in Luftschutzkellern geschrieben und Literatur mußte erst mühsam aus den in die Provinz flüchteten Bibliotheken zusammengetragen werden. nkt man an all diese Hindernisse, so bekundet das ch eine wahrhaft sokratische Haltung, und man mmt es in Kauf, wenn die neuen Arbeiten holländiner, belgischer, dänischer Forscher aus kriegsbedingn Gründen fast gar nicht, diejenigen aus Skandinavien d der Schweiz nur teilweise berücksichtigt werden nnten. Infolgedessen bietet das Buch in erster Linie e Übersicht der angelsächsischen Arbeiten, jedoch rbürgen Autoren wie Danielli, Schulman, Horng und Ludford für die nötige Kompetenz.

Besonderes Interesse verdient der Bericht von J. H. hulman über die Methodik der monomolekularen hichten (monolayers). Bekanntlich ist dieselbe in glischen Forschungsstätten so weit entwickelt worden, ß sich eigentliche Modellreaktionen ergeben zu man- en biologischen Grenzflächenreaktionen und Memaneigenschaften. Es wird beschrieben, wie es gengen ist, mit einer amerikanischen Probe von 0,3 mg tysesäure (Toxin des Tuberkelbazillus) aus den ssungen der Filmeigenschaften Angaben zu gewinnen er die Konstitution; aus der Flächenbeanspruchung $Å^2$ pro Molekül sowie dem Oberflächenpotential in V kann auf die Länge der Fettsäureketten und die t der Substitution geschlossen werden. Ferner werden s den Eigenschaften der Öl/Wasser-Grenzfläche neue nsichten gewonnen zu Zytolyse und Agglutination. Horning beschreibt die neuesten Erkenntnisse über e anorganischen Zellbestandteile, wie sie sich auf rund der Mikroinzineration ergeben. Dazu werden hnitte, die nicht dicker als 5 μ sein dürfen, innert Minuten im Quarzrohr des elektrischen Widerstandsens auf 650° C erhitzt. Darauf wird die Ascheverteing und ihre relative Dichte im Dunkelfeld unter d. M. trachtet. Durch optische Differenzierung der Asche nnte berechnet werden, daß Kalzium in einer Zelle n 1000 μ^3 in der Größenordnung von $1 \cdot 10^{-13}$ g rhanden ist. Ebenso soll die Bestimmung von Eisen d Silizium auf diesem Wege besser gelingen als mit n bisherigen histologischen Methoden. Es ergeben h daraus neue Möglichkeiten zur Bestimmung der pographie der Mineralbestandteile von Epithelzellen r Arterien bei Arteriosklerose. Auch auf dem Gebiete r Anthrakosis und Silikosis hat diese Methode neue gebnisse gezeitigt.

Über die Struktur der Zellmembran, Benetzungseigenschaften, Permeabilität und Protoplasmaströmung berichtet eingehend Danielli, während Ludford in einem Kapitel über pathologische Weiterungen innerhalb der Zytologie Stellung nimmt zu den Reaktionen von Bakterien und Virus mit Zellen. Zahlreiche Mikrophotogramme und Zeichnungen vermitteln anschaulich die Veränderung der Zellbestandteile. Entsprechende Arbeiten mit dem Elektronenmikroskop werden leider nur gestreift, ebenso die neuen Anschauungen im submikroskopischen Gebiet. Trotzdem enthält das Buch in übersichtlicher Form eine Fülle von Einzelresultaten verarbeitet und kann bestens empfohlen werden.

Ch. Wunderly

X-ray crystallography

By M. J. Buerger
An introduction to the investigation of crystals by their diffraction of monochromatic X-radiation.
New York, J. Wiley & Sons, Inc., 531 pp.
(London, Chapman & Hall, Ltd., 1942) ($ 6.50)

The photography of the reciprocal lattice

By M. J. Buerger
ASXRED-Monograph No. 1. Published by the Amer. Soc. for X-ray and electron diffraction, 37 pp.
(August 1944, Murray Printing Comp., 18, Ames Street, Cambridge 42 [Mass.]) ($ 1.50)

Die Erforschung der Struktur der Materie ist eines der Zentralprobleme der Naturwissenschaften. Wegen ihres regelmäßigen und gesetzmäßigen Aufbaues eignet sich dafür die kristallisierte Substanz in besonderem Maße. Erst durch die Kenntnis der Kristallstruktur eines Stoffes ist man in sehr vielen Fällen imstande, sein physikalisch-chemisches Verhalten zu verstehen und zu verwenden. Da aber kristallisierte Substanzen (mit ihrer dreifachen Periodizität) oder wenigstens solche von zwei- oder einfacher Periodizität in der Natur durchaus dominierend sind, wird die Bestimmung ihrer Struktur zu einem Fundamentalproblem, wobei die gesamte Stoffmannigfaltigkeit — anorganische und organische, natürliche und künstliche Verbindungen — berücksichtigt werden muß. — Als eines der wirksamsten Hilfsmittel hat sich seit der Entdeckung von M. v. Laue im Jahre 1912 die Interferenz der Röntgenstrahlen am Kristallgitter erwiesen. Verschiedene Methoden wurden seither entwickelt. Das Pulververfahren von Debye-Scherrer-Hull verwendet ein Kristallpulver und monochromatische Röntgenstrahlung; das Laueverfahren einen Einkristall und weißes Röntgenlicht; das Dreh-, Schwenk- und die Röntgengoniometerverfahren einen Einkristall und monochromatische Strahlung. Das in jeder Hinsicht ausgezeichnete Buch von M. J. Buerger beschränkt sich auf die letzten Verfahren und auf die Bestimmung der Gitterkonstanten und der Symmetrie (Raumgruppe) der Einkristalle, welche allein aus der Lage der Interferenzflecke ohne Berücksichtigung der Intensitäten (von den Auslöschungen abgesehen) erschlossen werden können. — Die geometrischen Grundlagen der Gittertheorie, insbesondere auch das reziproke Gitter, werden ausführlich und äußerst klar entwickelt. Nach einer anschaulichen Einführung in den Interferenzvorgang von Röntgenstrahlen am Kristallgitter kommen die Dreh-, Schwenk- und Röntgengoniometermethoden in allen theoretischen, praktischen und apparativen Einzel-

heiten zur Darstellung, wobei viele, meist neue, höchst instruktive Figuren, Tabellen und Kurventafeln unmittelbar bis zur Anwendung führen. Bei den Goniometerverfahren ist speziell die vom Verfasser entwikkelte «equi-inclination Weißenberg method» zu nennen. Über Präzisionsmessungen der Gitterkonstanten an Einkristallen beliebiger Symmetrie orientieren die drei vorletzten der (insgesamt 22) Kapitel.

Das Interesse für strukturelle Fragen ist in den USA. so gewachsen, daß im Jahre 1940 eine «American Society for X-Ray and Electron Diffraction» (ASXRED) gegründet worden ist, welche heute schon über 300 Mitglieder zählt. Die erste von dieser Gesellschaft herausgegebene Monographie ist diejenige von M. J. Buerger, welche ausführlich eine im Buche nur kurz erwähnte Methode des Photographierens des reziproken Gitters eines Kristalls behandelt. Es sei betont, daß sich auch in England die Röntgenographen unter der Leitung von Sir Lawrence Bragg zu einer «X-Ray Analysis Group» (des Institute of Physics) mit ähnlicher Zielsetzung zusammengeschlossen haben.

Das Buch und die Monographie Buergers werden in Zukunft jedem Strukturforscher als unentbehrliche Ratgeber im Methodischen stets zur Seite stehen. Es ist zu hoffen, daß diesem Werke bald ein zweites folgen möge, in welchem die Bestimmung der Atompositionen in der Elementarzelle, d. h. der vollständigen Kristallstruktur, an Hand der Intensitäten der Röntgenreflexe in ebenso meisterhafter Weise zur Darstellung gebracht werden wird.

W. Nowacki

The Biochemistry of Malignant Tumors

(Die Biochemie maligner Tumoren.)

Von K. Stern und R. Willheim.

(Reference Press, Brooklyn, USA., 1943)

Die beiden Autoren, welche bis vor dem zweiten Weltkrieg als Biochemiker an der Universität Wien Dozentenstellungen innehatten, haben mit diesem Buch von 951 Seiten ihre Veröffentlichung von 1936 (Die Wege und Ergebnisse chemischer Krebsforschung) wesentlich erweitert und die Literatur bis 1942 verarbeitet. Auf Grund der in Wien gelegten Basis und der im neuen Wirkungsfeld verarbeiteten angelsächsischen Literatur ist es gelungen, unter den 4000 angeführten Autoren keine Einseitigkeit aufkommen zu lassen, sondern eine gute Übersicht zu bieten von der biochemisch gerichteten Krebsforschung. Die Einteilung des Stoffes wurde beibehalten. Auf ein Kapitel über anorganische Chemie folgt jenes der organischen Chemie, aber während früher die organischen cancerogenen Substanzen auf 12 Seiten behandelt werden konnten, füllen sie nun deren 53. Hier wird die Übersicht von Hartwell erwähnt, worin die cancerogene Wirkung von 696 anorganischen und organischen Verbindungen besprochen wird. Aus den Arbeiten von Haddow und Robinson geht hervor, wie sehr es von Dosierung und Art der Applikation abhängt, ob eine Substanz maligne Neubildung fördert oder hemmt; dazu wurden 34 bekannte cancerogene Verbindungen am spontanen Brust-Ca der Maus, an Crocker-Maus-Sarcoma 180 und an Walker-Ca der Ratte 256 getestet, wobei in 86% der Fälle eine Hemmung der Malignombildung eintrat. Da die Wirkungsdauer und Wirkungsweise dieser cancerogenen Verbindungen je nach Tierart, Ernährungszustand und Alter erheblich wechselt, ist der Vergleich der Erfahrungen auf diesem überaus ausgedehnten Arbeitsfeld sehr erschwert. Man kann mit den Autoren einiggehen, daß es leichter ist, hier neue Einzelergebnisse heranzuschaffen, wie die Stellung zu definieren, welche man ebendiesen Substanzen in der Ätiologie der Malignome zuweisen will. Denn ihre Wirkung besteht nicht in einer einfachen Anregung des Zellwachstums, sondern ist zumeist ausgezeichnet durch eine längere Latenzzeit, so daß Karzinogenese erst sichtbar wird, wenn die cancerogenen Substanzen schon lange nicht mehr auf chemisch-analytische Weise erfaßt werden können. Dadurch ist heute die schwierige Frage nach der Wirkungsweise im tierischen Organismus in den Vordergrund getreten.

Die Beobachtung von Kögl und Exleben (1939), wonach in Eiweiß-Hydrolysaten von Tumorgewebe wesentlich mehr *d*-Glutaminsäure gefunden wird als im normalen und embryonalen Gewebe, ist seither in zahlreichen Nachprüfungen wiederlegt worden.

So muß eine Möglichkeit der Differenzierung aufgegeben werden, welche dank dem völlig neuen Gesichtspunkt ursprünglich mit großen Hoffnungen begrüßt worden war. Diese Befunde leiten über zu dem Kapitel über chemische und biologische Tumordiagnose. Beide Autoren sind auf diesem Gebiete tätig gewesen, wie es überhaupt in erster Linie im deutschsprachigen Gebiet bearbeitet wurde. Es dürfte damit zusammenhängen, daß seine Darstellung einen Raum beansprucht, welcher dem Interesse vor zehn Jahren, jedoch nicht dem heutigen entspricht. Gemessen am praktischen Erfolg dieser Forschungsrichtung, erscheint die knappe Formulierung des Wesentlichen im Buche von H. von Euler und Skarzynski, Biochemie der Tumoren (Stuttgart 1942), den heutigen Anschauungen besser angepaßt. Wie im Schlußworte ausgeführt wird, ist es trotz intensivster Bearbeitung nicht gelungen, eine Reaktion zu finden, sei sie chemisch, enzymatisch oder immunologisch aufgebaut, welche maligne Neubildung im Frühstadium anzeigt, d. h. zu einer Zeit, wo klinische Symptome entweder fehlen oder noch undeutlich sind.

Ch. Wunderly

Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und dem schweizerischen Mittelland

Von Otto Jaag, 560 Seiten, 21 Tafeln

(Kommissionsverlag Buchdruckerei Büchler & Co., Bern 1945) (Fr. 25.–)

In einem wohlillustrierten, umfangreichen Bande legt der Verfasser die Resultate fünfzehnjähriger Forschungen über Besiedelung freier Gesteinsoberfläche durch Algen vor. Mit großer Sorgfalt untersuchte er das Mikroklima der Gesteinsoberfläche in der Natur an verschiedenen Orten und zu verschiedener Jahreszeit sowie an künstlich geschaffenen Standorten im Laboratorium (Wärmehaushalt, Feuchtigkeit, Berieselung, Tau, Exposition, chemische und physikalische Beschaffenheit der Unterlage usw.). Die schwierigste Aufgabe bestand in der systematischen Erfassung der einzelnen Arten und Gattungen. Wie kein anderer, so war sich der Verfasser bewußt, daß nur experimentelle Arbeit an Kulturen definitiven Aufschluß über Variabilitätsbreite usw. einzelner Arten und Gattungen niederer Organismen geben

können. Er verwendete daher ganz besondere Mühe auf Kulturversuche; doch trotzten gerade die Blaualgen, Cyanophyceen, allen Künsten. Infolgedessen sah sich der Verfasser genötigt, die vergleichende Systematik durch Vervollkommnung bekannter und Einführung neuer Hilfsmethoden so zu verfeinern, daß die Resultate experimentell gewonnenen soweit irgendwie möglich gleichgesetzt werden können. So erfuhren die bisherigen Auffassungen über die Artabgrenzung und den genetischen Zusammenhang der Formen von Blaualgen (insbesondere von *Gloeocapsa*, *Scytonema*, *Petalonema*) einschneidende Korrekturen durch Vergleich von Material verschiedener Herkunft, von Standorten mit periodisch wechselnden Lebensbedingungen, in verschiedenen Entwicklungsstadien, usw. Sehr wertvoll erwies sich hiebei die chemische und spektroskopische Untersuchung der Farbstoffe der Zellhüllen, die gemeinsam mit N. Gemsch und P. Karrer durchgeführt wurde. Es zeigte sich Abhängigkeit des Farbtones vom Säuregrad des Berieselungswassers und somit Identität rot- und blaugefärbter Formen, die früher als getrennte Arten beschrieben wurden. Die Ausbildung der Zellhüllen steht in engem Zusammenhang mit den Feuchtigkeitsverhältnissen und kann nicht, wie vielfach angenommen, als Artmerkmal dienen. Mit dem so gewonnenen Rüstzeug wurden Verbreitung, ökologische Ansprüche usw. der einzelnen neuabgegrenzten Arten festgestellt. Des weitern erfuhr der Zusammenschluß der Arten zu Assoziationen und deren Vorkommen eingehende Bearbeitung, sowie die Verpilzung, welche zur Ausbildung von Flechten führt. Als bemerkenswertes Detail kann erwähnt werden, daß für das Vorkommen solcher Assoziationen, der sogenannten Tintenstriche, keine eigentliche Höhengrenze gefunden wurde, daß viel eher die in großer Höhe herrschenden Feuchtigkeits- und Verwitterungsverhältnisse entscheidend sind. An der Jungfrau reichen an günstigen Stellen Algenanflüge bis über 4000 m über Meer empor, in trockenen kommen Flechten vor.

Zahlreiche weitere Probleme, wie Kalkabsonderung, Versetzung der Gesteinsunterlage usw. finden Berücksichtigung. Dank seiner Reise nach Niederländisch-Indien konnte Jaag Vergleiche und Untersuchungen auf das Gebiet der Tropen ausdehnen.

Wenn auch das Gelingen eigentlicher Kulturversuche bei den kritischen Arten wie kein anderer begrüßen würde, so hat der Verfasser diesen Mangel durch neuzeitliche Methoden doch reichlich ersetzt und uns ein klassisches Standard-Work geschenkt, dessen Bedeutung weit über die Grenzen unseres Landes hinausgeht. Ist doch die Algenvegetation nackter Felsen an keine geographischen Grenzen gebunden. Sie kann die erste Etappe für das Auftreten anderer Assoziationen oder selbst die Klimax darstellen.

W. Vischer

Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes

Von Prof. Dr. R. Fueter (Verlag Birkhäuser, Basel) 180 Seiten (broschiert Fr. 18.50, gebunden Fr. 22.50)

Seit 1930 publiziert der Verein schweizerischer Mathematiklehrer Lehrbücher für den Mathematikunterricht an den schweizerischen Mittelschulen; dadurch konnte eine Lehrmittelnot auf diesem Gebiete vermieden werden. Deutschsprachige Lehrbücher für den Hochschulunterricht aber sind zu Seltenheiten geworden, daher ist es außerordentlich verdienstvoll, daß der Verlag Birkhäuser eine Serie von Lehrbüchern für den Hochschulunterricht zu veröffentlichen gedenkt.

Als erster Band dieser Serie liegt nunmehr die schön ausgestattete «Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes» von Prof. Dr. R. Fueter, Zürich, vor. Das Buch bringt eine elementare Einführung für Studierende des ersten Semesters und setzt daher nur geringe Vorkenntnisse voraus. Es vermittelt Kenntnisse, die zum Verständnis der mathematischen Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme oder zum Eindringen in umfangreichere Werke unerläßlich sind.

Die Abgrenzung des Stoffkreises der analytischen Geometrie ist ungewöhnlich streitig. Die grundlegenden Methoden der Geometrie sind die synthetischen und die analytischen. René Descartes hat zuerst das Wesen der analytischen Geometrie völlig erfaßt, aber in seiner Geometrie dem Leser davon nicht allzuviel verraten. Erst Leonhard Euler hat Eigenschaften der Kegelschnitte aus deren Gleichungen hergeleitet, und auf ihn gehen die meisten Lehrbuchdarstellungen zurück. Poncelet zeigte, wie sich die Eigenschaften der Kegelschnitte durch Projektion aus denen des Kreises finden lassen. Nicht zuletzt unter dem Einfluß Steiners erfolgte ein Zusammenschluß der projektiven und der analytischen Geometrie. Damit nicht genug, wurde an die analytische Geometrie die Invariantentheorie, die Theorie der Transformationsgruppen, der Elementarteiler, der Gruppentheorie, der höheren algebraischen Gebilde, der Liniengeometrie, der darstellenden Geometrie, der linearen Algebra, angeschlossen und zu einem Ganzen «fusioniert».

Demgegenüber vertritt Fueter die Forderung, eine Einführung, die sich auf rechtwinklige und Polarkoordination beschränkt — homogene und Dreieckskoordinaten werden nur beiläufig erwähnt — und keinen Gebrauch von der projektiven Geometrie macht, sei für den Anfänger am zweckmäßigsten. Unmittelbar an die Theorie der Geraden in der Ebene schließt die Behandlung der Ebene im Raum an. Auf die Theorie der Kegelschnitte folgt die der Flächen zweiter Ordnung. Während der Nachweis geführt wird, daß in der allgemeinen Gleichung zweiten Grades alle Kegelschnitte enthalten sind, wird der entsprechende Satz für die Flächen zweiter Ordnung als Tatsache aufgeführt.

Das flüssig und mit Eleganz geschriebene Werk wird gewiß die ihm gebührende Anerkennung und weiteste Verbreitung finden. In einer sicherlich bald notwendigen zweiten Auflage wünschten wir eine andere Formulierung des mißverständlichen Satzes auf Seite 85: «Für die sphärischen Dreiecke gelten somit die gleichen Sätze wie für die ebenen Dreiecke.» In der Figur 98 ist wohl eine Kugel eingezeichnet, aber es ist nicht die zum Tangentialkegel gehörige, wie es der Text vermuten läßt. Die Erfahrung zeigt, daß Anfänger besonders Mühe mit symbolischen Bezeichnungen haben. $(1) = 0$, selbst wenn es «1 Klammer gleich Null» gelesen wird, führt zu Mißverständnissen. Wir halten es für zweckmäßiger, für eine Gerade in der Figur die Bezeichnung g zu verwenden und für ihre Gleichung in der Ebene $g(x, y) = 0$ und für ihre Hessesche Normalform $G(x, y) = 0$.

P. Buchner

Informationen - Informations - Informazioni - Notes

Experientia vor (50) Jahren

Zur Entdeckung der Röntgenstrahlen

1. *Die Grundlagen der* Röntgen*schen Entdeckung*

a. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen schließt an die vom Bonner Physiker Julius Plücker (1801—1868) gemachte Beobachtung (Pogg. Ann. 103, 1858; 107, 1859) an, daß in den nach seinen Angaben von Geissler hergestellten Röhren mit stark luftverdünntem Raum bei elektrischen Entladungen die Glaswand in der Nähe der Kathode mit einem phosphoreszierenden Licht aufleuchtet und daß die Lage der leuchtenden Stellen durch Änderung des Magnetfeldes verschoben wird. Mit diesen «*Kathodenstrahlen*», wie sie genannt wurden, war die elektromagnetische Voraussetzung für die Entdeckung Röntgens gegeben.

b. In Geisslerschen Röhren mit stärkster Luftverdünnung, in denen zwischen die punktförmige Kathode und die Glaswand eine *feste Platte zwischengeschoben* wurde, stellte Johann Wilhelm Hittorf (1824—1914) in Münster (Westfalen), der Entdecker der Ionenwanderung in Elektrolyten, fest, daß *an der Röhrenwand ein Schattenbild* erzeugt wurde (Pogg. Ann. 136, 1869, S. 1 und 197). Da später der englische Physiker Sir William Crookes (1832—1919) fast dieselben Röhren zu andern Zwecken benützte («Lichtmühle» oder «Radiometer», 1863) und damit weitere Ergebnisse über die Natur der Kathodenstrahlen erzielte, werden Apparate dieser Art als Hittorf-Crookessche Röhren bezeichnet. Damit war die technische Grundlage für die X-Strahlen Röntgens geschaffen. Denn Ludwig Zehnder, der sich um die Klarlegung der Entdeckungsgeschichte der Röntgenstrahlen größte Verdienste erworben hat, dürfte überzeugend dargetan haben (1898 und später wiederholt), daß einer Äußerung Röntgens zufolge die Entdeckung der neuen Strahlen mit einer Hittorf- und nicht mit einer Lenardröhre gemacht worden sei.

c. Im Jahre 1892 wies der berühmte Heinrich Hertz (1857—1894) bei Untersuchungen über die Natur der *Kathodenstrahlen*, die ihn übrigens zu unrichtigen Annahmen führten, nach, daß diese *fähig* sind, *für Licht durchlässige dünne Metallhäute auch diffus zu durchdringen*. Auf Grund dieser Feststellung konstruierte Philipp Lenard (geb. 1862), der spätere Nobelpreisträger, seine mit einem Aluminiumfenster versehenen Röhren (1894) und studierte mit Hilfe der photographischen Platte die durch sie erzeugte *Fluoreszenz* genauer, auch wies er ihren Unterschied gegenüber den Lichtstrahlen im einzelnen nach (Wiedemanns Ann. 51, 1894, S. 225). Damit ist der ideengeschichtliche Anschluß an den Ausgangspunkt der Röntgenschen Versuche gegeben.

2. *Eine mit der* Röntgen*schen Versuchsanordnung übereinstimmende Vorstudie*

Daß man von der Versuchsanordnung Röntgens nicht ohne weiteres zu seiner Entdeckung der neuen Strahlengattung gelangte, sondern daß dazu außer einer umfassenden Literaturkenntnis auch eine außerordentliche Auffassungsgabe, scharfes, logisches Denken und eine ungeheure Selbstbeherrschung (die vor verfrühter Veröffentlichung zurückhielt) nötig waren, beweist die *Schilderung* Ludwig Zehnders (am ausführlichsten in «Röntgens Briefe an Zehnder», Zürich 1935, S. 48), der mit derselben Röhre und in demselben Institut (offenbar im Herbst 1888) an der mit einem schwarzen Tuch verdeckten Hittorfröhre bei Ingangsetzung des Funkeninduktors folgende Beobachtung machte: «Weil das Tuch nur über die Hittorfröhre gehängt war, beleuchtete nun der aufleuchtende Brennfleck (auf dem Platinblech) das Fußgestell der Hittorfröhre und bis zu einem entsprechenden Umfang noch die Tischfläche, worauf die Röhre stand. Aber direktes Licht konnte wenigstens nicht zum *Fluoreszenzschirm* gelangen. Dennoch *leuchtete* der Schirm *hell auf*. Ich nahm an, daß wahrscheinlich irgendein spiegelndes Metallstück, das vielleicht auf dem Tisch liegen mochte, das Licht des Brennflecks nach dem Schirm reflektiert habe, und suchte nach diesem Objekt. Während ich aber suchte, erlosch plötzlich die ganze Lichterscheinung» (das Platinblech war an der Brennfleckstelle durchgebrannt). Obgleich Zehnder *ohne Zweifel* damit die «*X-Strahlen*» *beobachtet* hatte, lehnt er in überaus selbstloser Weise entrüstet jeden Anteil an der Entdeckung ab, da eine zufällige Beobachtung noch keine Entdeckung sei, und glaubt auch nicht, daß er bei weiterem Verfolgen des Problems die eigentliche Natur der Erscheinung hätte aufdecken können, wie dies Röntgen kurz darauf gelang.

3. *Dokumentarisches zur* Röntgen*schen Entdeckung*
(Wichtige Stellen von mir hervorgehoben)

Da die jetzige Generation der aktiven Naturforscher von den klassischen Röntgenschen Abhandlungen kaum mehr unmittelbar berührt wird, während die sich daran knüpfenden persönlichen Begebnisse im Würzburger physikalischen Institut dank der verschiedenen vortrefflichen Darstellungen (u. a. Otto Glasser, 1931) verhältnismäßig gut bekannt sind, soll das *Wichtigste aus den drei Abhandlungen* Röntgens kurz mitgeteilt werden:

a. Die Redaktion der «Sitzungsberichte der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg», in denen die beiden ersten Veröffentlichungen erschienen sind, berichtet zum Jahrgang 1895 (S. 132): «Am 28. Dezember wurde als Beitrag eingereicht: W. C. Röntgen, *Über eine neue Art von Strahlen (vorläufige Mitteilung)*». Die Abhandlung ist datiert: «Würzburg. Physik. Institut der Universität, Dez. 1895». Sie ist in 17 Abschnitte gegliedert, von denen die beiden ersten ausführlich wiedergegeben seien:

1. «Läßt man durch eine Hittorfsche Vacuumröhre oder einen genügend evacuirten Lenardschen, Crookesschen oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines größeren «Rühmkorffs» gehen und *bedeckt die Röhre mit einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnem, schwarzen Carton*, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in der Nähe des Apparates gebrachten, mit *Bariumplatincyanür angestrichenen Papierschirm* bei jeder Entladung *hell aufleuchten, fluoresciren*, gleichgültig ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluorescenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar. Man überzeugt sich leicht, daß die Ursache der Fluorescenz vom Entladungsapparat und von keiner andern Stelle der Leitung ausgeht.

2. Das an dieser Erscheinung zunächst Auffallende ist, daß *durch die schwarze Cartonhülse*, welche keine sichtbaren oder ultravioletten Strahlen des Sonnen- oder des elektrischen Bogenlichtes durchläßt, *ein Agens hindurchgeht, das imstande ist, lebhafte Fluorescenz zu erzeugen*, und man wird deshalb wohl zuerst untersuchen, ob auch andere Körper diese Eigenschaft besitzen. — *Man*

findet bald, daß alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade.»

Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurden andere Stoffe (darunter auch die menschliche Hand) auf ihre Durchlässigkeit geprüft und die einzelnen Eigenschaften des als «Strahlen» (sog. «*X-Strahlen*») nachgewiesenen Agens» (Reflexion, Unterschied gegenüber den Kathoden- und den Ultraviolettstrahlen) gezeigt. Die Sonderdrucke der Abhandlung wurden am 1. Januar der Post übergeben.

b. Am 23. Januar 1896 berichtete Röntgen in einer Sitzung der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg über seine Entdeckung. Es wurde die *erste, der Abhandlung beigefügte Röntgenaufnahme* vorgenommen (die Hand des Ehrenpräsidenten Albert Koelliker), und Koelliker schlug für die neuen Strahlen die *Bezeichnung* «Röntgen*sche Strahlen*» vor. Wie schon vor ihm der Physiolog Adolf Fick, machte der Schweizer Anatom auf die große Bedeutung der Erfindung für die Medizin aufmerksam.

c. In den späteren Untersuchungen beobachtete Röntgen das *Verhalten der neuen Strahlen auf elektrisch geladene Körper*, deren Ladung vernichtet wird, und stellte fest, daß *alle von Kathodenstrahlen getroffenen Körper die «X-Strahlen» auszusenden vermögen* (Sitzungsber. physik.-med. Ges. 1896, S. 11—19, abgeschlossen am 9. März). Weiterhin verfolgte Röntgen die *Abhängigkeit der Durchdringungskraft der Strahlen von der Luftverdünnung in der Röhre* (Sitzungsber. preuß. Akad. 1897, S. 576—592; Vortrag, gehalten am 29. April).

4. *Die Auffindung der Natur der Röntgenstrahlen*

Es sollte Röntgen nicht beschieden sein, über das eigentliche Wesen der Strahlen Klarheit zu erhalten. Er sah von Anfang an in ihnen, in Anlehnung an die Hypothese Lenards über die Kathodenstrahlen, am ehesten «longitudinale Schwingungen im Äther». Erst im Münchener physikalischen Institut gelang Max von Laue (geb. 1879) und seinen Mitarbeitern Friedrich und Knipping *mit Hilfe des sog. Interferenzversuches* an Kristallen der *Nachweis* (1912) *der Wellennatur der Röntgenstrahlen*. Röntgen durfte die Freude erleben, daß an seinem Institut die wahre Natur der von ihm entdeckten Strahlen erkannt wurde.

H. Buess

Nobelpreise 1945

Physik

Es sind jetzt gerade 20 Jahre her, daß Wolfgang Pauli das nach ihm benannte Ausschlußprinzip entdeckt hat. In seiner Abhandlung «Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen mit der Komplexstruktur der Spektren»[1] hat er dieses Prinzip wie folgt ausgesprochen:

«Es kann niemals zwei oder mehrere äquivalente Elektronen im Atom geben, für welche in starken Feldern die Werte aller Quantenzahlen n, k_1, k_2, m_1 übereinstimmen. Ist ein Elektron im Atom vorhanden, für das diese Quantenzahlen (im äußeren Felde) bestimmte Werte haben, so ist dieser Zustand ‚besetzt'.»

Mit der Entdeckung dieses eigenartigen Naturgesetzes hat die durch Niels Bohr begründete, korrespondenzmäßige Quantentheorie ihren Abschluß erhalten. Das Pauliprinzip machte es möglich, den gesetzmäßigen Aufbau der Atomhüllen, der sich in den Regelmäßigkeiten des periodischen Systems äußert, zu deuten. Wie sich später gezeigt hat, ist es für die die Atomkerne aufbauenden Protonen und Neutronen ebenfalls gültig und hat sich so als ein für die Struktur der Materie fundamentales Prinzip erwiesen.

Die Entwicklung der Quanten- und Wellenmechanik hat uns ein tieferes Verständnis der Quantengesetze gebracht. Wenn hierdurch die Theorie in quantitativer wie in begrifflicher Hinsicht einen bewundernswerten Ausbau erfuhr, so ist dadurch doch die Einzigartigkeit des Pauliprinzips nicht berührt worden. Zwar können wir dieses heute mathematisch elegant formulieren, und zwar gerade mit den Mitteln der wellenmechanischen Theorie. Dennoch muß das Pauliprinzip als ein von den übrigen Prinzipien der Quantenmechanik logisch unabhängiger Bestandteil der Theorie betrachtet werden. Es scheint, als ob seine wahre Bedeutung erst auf Grund einer weiteren Vertiefung unserer Naturerkenntnis begriffen werden könne. In dieser Hinsicht haben uns die Ansätze zu einer relativistischen Quantenmechanik eine gewisse Aufklärung gebracht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß zwischen den beiden Tatsachen, daß den Elektronen, Protonen und Neutronen eine halbzahlige Spinquantenzahl angeordnet werden muß, und daß diese Teilchen dem Pauliprinzip genügen, ein inniger Zusammenhang besteht. Die allgemeine mathematische Formulierung dieses Zusammenhanges verdanken wir ebenfalls W. Pauli. In seiner diese Frage betreffenden Abhandlung[1] stellt er fest, daß diese Erkenntnis eine der wichtigsten Folgerungen sei, die sich aus der Verbindung der speziellen Relativitätstheorie mit der Quantentheorie ergeben haben.

In den vergangenen 25 Jahren ist W. Pauli stets in der ersten Reihe jener Forscher gestanden, die ihre Arbeitskraft dem Ausbau der Quantenmechanik gewidmet haben. Sein kritisches Urteil genießt internationales Ansehen. Eine große Zahl entscheidender Anregungen ist von ihm ausgegangen. Von seinen größeren Arbeiten mögen hier nur noch diejenigen, welche der Begründung einer relativistischen Quanten-Elektrodynamik dienen, und die gemeinsam mit P. Jordan und W. Heisenberg ausgearbeitet wurden, als besonders bedeutsam erwähnt werden. Schließlich soll noch auf Paulis geistreiche Deutung des kontinuierlichen Energiespektrums der β-Strahlen hingewiesen werden. Die von ihm zu diesem Ende in einer Diskussion[2] vorgeschlagene Hypothese des Neutrinos bildet die Grundlage der heutigen Theorie des radioaktiven β-Zerfalls von E. Fermi[3].

M. Fierz

*

Chemie

Otto Hahns Entdeckungen, die mit dem Nobelpreis (1944) für Chemie ausgezeichnet worden sind, erstrecken sich über eine Periode von 4 Jahrzehnten. Sie sind das Ergebnis einer systematischen Forschungsmethodik, die chemische Operationen mit physikalischen Messungen verbindet, und beginnen 1905 in London, wo Hahn bei der Suche nach Radium in William Ramsays Laboratorium das Radiothorium entdeckte, einen Stoff, der viel stärker radioaktiv als Radium selbst ist. Mit Ramsays Empfehlung als «capital fellow» siedelte Hahn

[1] Z. f. Phys. *31*, 765 (1925).

[1] Phys. Rev. *58*, 716 (1940).

[2] Structure et Propriétés des Noyaux atomiques. (Bericht des Solvay-Kongresses) (Paris 1934).

[3] E. Fermi, Z. f. Phys. *88*, 161 (1934).

zu Rutherford nach Montreal über, mit dem er auch später von Berlin aus stets in freundschaftlichem Verkehr und Gedankenaustausch blieb. Die Früchte seiner weiteren Forschungen, vielfach in Zusammenarbeit mit Lise Meitner, sind die Entdeckung von Mesothor (1907), des neuen chemischen Elementes Protaktinium (1918) und des ersten Kernisomeren Uran Z. Die Isolierung eines reinen Strontium-87-Isotops als Zerfallsprodukt von Rubidium bildete 1936 einen Triumph des Forschergeschicks. Die Bestrahlung von Uran mit Neutronen, die Hahn im Anschluß an Fermis Pionierversuche aufnahm, führten zu einer Fülle radioaktiver Körper, die zunächst von ihm wie auch von den Pariser Forschern als labyrinthähnliche Transuran-Zerfallsreihen gedeutet wurden. Die konsequente Verfolgung chemischer Fingerzeige nötigte jedoch Hahn im Jahre 1939 Barium und Strontium als Produkte der Uranbestrahlung anzunehmen und so die völlig neuartige Tatsache der Kernzerplatzung, wenn auch mit aller Zurückhaltung, mitzuteilen. Sie fand rasch vielerorts Bestätigung und wegen der entwicklungsträchtigen Möglichkeit einer Kettenreaktion größte Beachtung. Inzwischen hat der Krieg die Entwicklung in ganz unerwarteter Weise beschleunigt, so daß Hahns letzte Entdeckung der Beginn einer neuen Epoche zu werden scheint.

E. Miescher

*

Chemie

Wer sich in Finnland aufhielt, konnte dort schon lange vor dem Krieg den Namen Virtanen mit Dankbarkeit und einem gewissen Stolz nennen hören. Tatsächlich ist in einem Lande, wo die Vegetationszeit kurz und der Boden karg ist, und wo der Bauer alle Mühe hat, diesem jedes Jahr ausreichende Nahrung für seine Familie und genügend Futter für sein Vieh abzuringen, noch mehr Verständnis für die praktische Bedeutung der biochemischen und botanischen Arbeiten Artturi I. Virtanens vorhanden, als anderswo. Denn ein Verlust von bis zu 40% der Trockensubstanz, besonders aber auch von wertvollen Eiweißstoffen und Vitaminen, wie er bei der üblichen Bereitung des Heues auftritt, muß im Norden, wo zudem der zweite Schnitt (Emd, Grummet) oft fehlt, sich für Ernährung und Volkswirtschaft noch ungünstiger auswirken als in Mitteleuropa.

Es ist daher für solche Länder von großer Bedeutung, daß es Virtanen (Helsinki) nach eingehenden theoretischen und praktischen Forschungen gelungen ist, ein einfaches und wirtschaftliches *Silageverfahren* (A.I.V.-Prozeß) aufzufinden, das gestattet, das eiweiß- und vitaminreiche Grünfutter so zu konservieren, daß die nährstoffvermindernden Abbauvorgänge (Atmung, Eiweißspaltung) und die Bildung übelriechender Zersetzungsprodukte (z. B. Buttersäure) hintangehalten werden und nur die Milchsäuregärung vor sich geht. Beim A.I.V.-Verfahren können zudem die verschiedensten Ausgangsmaterialien (eiweißreicher Klee, auch nicht ausreifende Pflanzen) Verwendung finden, die Karotine bleiben erhalten und der Verlust an Trockensubstanz hält sich unter 10%. Die Widerstände, die sich etwa gegen die Einführung dieses Verfahrens geltend machten (Schwierigkeiten bei der Käsebereitung), sind durch die Notlage, in die der Krieg jedes Land versetzte, vermindert worden, so daß, um die Landesversorgung sicherzustellen, auch bei uns in gewissen Gebieten zu diesem Silageverfahren übergegangen wurde. Da die ausreichende Ernährung Europas in den letzten Jahren ein Hauptproblem war und es offenbar auch für die nächste Zeit bleiben wird, ist es verständlich, daß gerade Virtanen, der zur Lösung dieses Problems einen wichtigen Beitrag geleistet hat, durch den Nobelpreis (Chemie 1945) ausgezeichnet wurde.

M. Geiger-Huber

*

Medizin

Dieser Preis wurde drei Forschern für ihre bekannten Arbeiten über Penicillin zugesprochen. Der Bakteriologe Alexander Fleming (London) veröffentlichte 1929 die grundlegende Beobachtung, daß ein spezieller, später als *Penicillium notatum* Westling identifizierter Schimmelpilzstamm eine Substanz von sehr hoher antibakterieller Wirkung, Penicillin, als Stoffwechselprodukt hervorbringt. In dieser ersten Mitteilung finden sich bereits Angaben über Kulturbedingungen und Eigenschaften der erhaltenen Kulturfiltrate, insbesondere ihre Wirkung auf verschiedene Bakterienarten und ihre erstaunlich geringe Toxizität gegenüber dem Warmblüter. Obschon auch Fleming die klinische Verwendung in Betracht zog, fehlte ihm offenbar die Möglichkeit einer entsprechenden Auswertung seiner Entdeckung, die Zusammenarbeit mit Chemikern und Klinikern.

Es ist das Verdienst des Pathologen Howard W. Florey und des Chemikers Ernst B. Chain, die sich mit Fleming in den Nobelpreis teilen, erstmals ein solches Kollektiv für die umfassende, systematische Bearbeitung des Penicillins interessiert zu haben. 1940/41 konnte die genannte Arbeitsgruppe in Oxford eingehend über Kulturmethoden für den Pilz berichten, die ihnen die Gewinnung und Anreicherung größerer Mengen von rohem Penicillin ermöglichten. Neben der Festlegung von physikalischen, chemischen, pharmakologischen und antibakteriellen Eigenschaften dieser Substanz wurde besonders auch ihre Testierung und Standardisierung (Oxfordeinheit) bearbeitet. Die Krönung dieser Arbeiten lag schließlich in der erfolgreichen therapeutischen Anwendung des Penicillins am Menschen. Diese Ergebnisse lenkten die Tätigkeit unzähliger anderer experimenteller und klinischer Forschungsstellen ebenfalls auf das Penicillin. In wenigen Jahren ließ sich deshalb, unter maßgebender weiterer Beteiligung der heutigen Nobelpreisträger, eine weitgehende Abklärung dieses Gebietes erzielen. Die Resultate der dadurch angeregten Untersuchungen anderer Antibiotika sind heute noch gar nicht abzusehen.

A. Wettstein

Atomenergie

Ein von Prof. H. D. Smyth, Princeton University, im August 1945 verfaßter Artikel aus den «Reviews of Modern Physics» (herausgegeben vom American Institute of Physics) ist nun auch auf dem Kontinent bekanntgeworden und berichtet über die erstaunlichen und alle Erwartungen weit übertreffenden Ergebnisse der amerikanischen Atomenergieforschungen. Danach sind, allerdings mit ungeheurem Aufwand und mit dem Einsatz der besten Kräfte, in den letzten Jahren des Krieges folgende Probleme gelöst worden:

1. Die Trennung der Uranisotope in großem Maßstabe, wobei sowohl Diffusionsverfahren wie auch ionenoptische Methoden Verwendung fanden. Außer im singulären Fall der Wasserstoffisotope waren alle Bemühungen dreier Jahrzehnte in der Isotopentrennung nicht über mengenmäßig unbedeutende Laboratoriumserfolge

nausgelangt, so daß die amerikanischen Ergebnisse was völlig Neues darstellen.

2. Der Bau und Betrieb von Uranöfen, in denen die n O. Hahn entdeckte Reaktion der Kernspaltung als nergiequelle benützt wird. Die Reaktion spielt sich ittels Neutronen als Kettengliedern am Urankern der asse 235 ab. Ein erster Ofen dieser Art in Chicago lie- rte Ende 1942 200 Watt und gestattete das Studium r Regulatoren. Graphit in reinster Form wirkt als eutronenverlangsamer beschleunigend, Kadmium oder or als Neutronenabsorber bremsend auf die Reaktion. n Herbst 1944 wurden große Öfen mit der Leistung von roßkraftwerken in Betrieb genommen, deren Energie lerdings noch nicht ausgenützt, vielmehr durch Kühl- lagen abgeleitet werden mußte. Diese Uranöfen bilden eutronenquellen und Quellen radioaktiver Stoffe von sher ganz unvorstellbarer Ergiebigkeit. Ihr Betrieb er- rdert deshalb völlig neue Schutzmaßnahmen.

3. Die Gewinnung in technischem Maßstabe eines uen chemischen Elementes, «Plutonium» genannt, der rdnungszahl 94. Dasselbe entsteht als Nebenprodukt den unter 2. genannten Uranöfen und wird aus Uran 8 durch Neutroneneinfang gebildet. Es kann durch emische Verfahren in Mengen der Größenordnung kg pro Tag abgetrennt werden.

4. Die Verwendung von Uran 235 und Plutonium als xplosivstoffe gigantischer Leistung. Hierüber sind chnische Einzelheiten nicht mitgeteilt.

Der Smythsche Bericht enthüllt so das «Geheimnis der omenergie». Er schildert die etappenweise Inangriff- hme der technischen Probleme und setzt den Leser rch die Kühnheit und die Größe der Unternehmungen wachsendes Erstaunen, er verhehlt aber auch nicht, ß die Beteiligten selber durch Tempo und Folgerich- gkeit der erzielten Fortschritte überrascht waren. weifellos stellt der Bericht etwas für eine Generation nz Einmaliges dar.

Le Palais de la Découverte

Créé à l'occasion de l'Exposition internationale des rts et Techniques de 1937, le Palais de la Découverte été depuis rattaché à l'Université de Paris et a pris ace à titre définitif dans l'activité scientifique de la rance et du monde. Il est dû à la conception du phy- ien Jean Perrin, Prix Nobel, qui, avec la colla- oration désintéressée des plus grands savants de rance et assisté par les représentants de toutes les tivités scientifiques françaises, en a mené la réalisa- on à bonne fin.

Non pas «musée inerte», mais «exposition vivante» ui se veut en constante évolution pour mieux mani- ster tous les aspects vivants et actuels de la recherche ientifique dans sa marche en avant, le Palais de la écouverte est à la fois une œuvre d'immense enver- ure de vulgarisation de la science, un établissement haut enseignement scientifique ouvert à tous et un ouvel instrument mis au service de la recherche ientifique pure.

Le Palais de la Découverte s'est proposé d'être un rait d'union entre les laboratoires et le grand public», faire connaître à celui-ci les grandes conquêtes scien- fiques du passé et de le tenir au courant des toutes rnières découvertes. Divisé en sections (Mathéma- ques, Astronomie, Physique, Chimie, Biologie, Méde- ne, Chirurgie, Microbiologie), le Palais de la Décou- rte ouvre chaque jour aux visiteurs isolés ou en groupes s cinquante salles ou laboratoires où des démonstra- teurs hautement qualifiés commentent des présenta- tions ou réalisent sous leurs yeux quatre cents expé- riences «spectaculaires, mais rigoureuses, et avec les ressources les plus modernes». Chaque année, des profes- seurs et des assistants, sous la direction des plus grands savants, effectuent de nouveaux montages.

Le Palais de la Découverte a connu aussitôt le succès, et ce succès remporté dans l'ordre de la vulgarisation l'a été sans avoir pour contre-partie un abaissement du

Palais de la Découverte: Entrée principale.

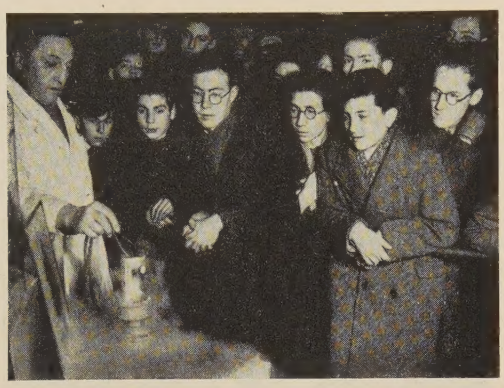
niveau de la science; ce qu'a nettement prouvé le Grand Congrès International du Palais de la Découverte, en octobre 1937: les représentants de 65 universités étrangères, plus de mille physiciens, chimistes, biologistes (dont onze Priz Nobel) réunis ont été unanimes dans l'expression de leur admiration.

A côté de l'enseignement par expériences, un enseignement par conférences est donné par les plus grands maîtres de la science français et étrangers. Une salle de lecture et une librairie complètent cet effort.

Enfin le Palais de la Découverte organise des Expositions temporaires; entre autres, il a organisé en 1937 la très intéressante Exposition des etapes du Progrès humain et de l'Influence des sciences sur les arts; en 1938, l'Exposition de Génétique et de Physique solaire de l'Institution Carnégie de Washington; en 1939, une Exposition de Biologie animale, la Sexualité; en 1940, une autre Exposition de Biologie animale, les Termites; et la présentation au public français d'une Exposition médicale française destinée au Japon; en 1942, l'Exposition du Matériel moderne d'Expérimentation; en 1943, une Exposition pour le Deuxième Centenaire de Lavoisier. C'est le Palais de la Découverte qui fut chargé en 1939 d'organiser une section scientifique française à l'Exposition internationale de New-York, et c'est dans le Palais de la Découverte que s'est tenu, en 1938, le grand Congrès international commémorant la découverte des ondes hertziennes et du radium. Enfin, va s'ouvrir prochainement dans le Palais de la Découverte une Exposition de la Pénicil-

line, à laquelle ont collaboré l'Angleterre, l'Amérique et l'Institut Pasteur.

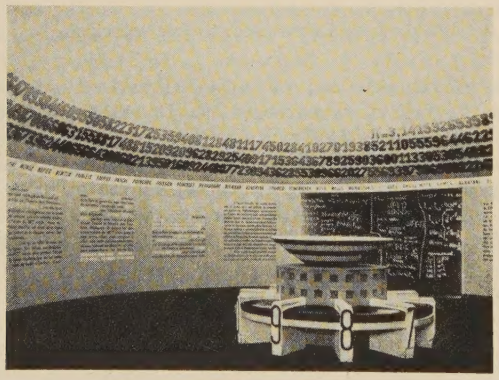
Le bref exposé de cette activité montre que le Palais de la Découverte, œuvre de conception, d'initiative et de réalisation françaises, est largement et équitablement international dans son esprit, rendant hommage aux chercheurs étrangers aussi bien qu'aux savants français, faisant large place à l'étranger dans ses conférences et ses expositions.



Section de Chimie: Expérience de l'air liquide.

Cette institution entièrement nouvelle, sans précédent dans le monde, a, du reste, suscité le plus vif intérêt dans tous les pays et même les plus éloignés ont envoyé des commissions d'étude.

Actuellement des projets sont à l'examen en vue d'installer le Palais de la Découverte dans un édifice digne de son importance pour la France et pour le



Salle des Mathématiques: Les 707 décimales de π.

monde et en rapport avec les besoins d'un fonctionnement normal, prévoyant des développements ultérieurs.

On envisage le Palais de la Découverte futur sous l'aspect d'un palais plus vaste (d'environ 3 hectares), et organisé de manière à permettre les constantes transformations qui doivent lui garder un caractère toujours vivant. On comblera les lacunes actuelles, on reconstituera sur une grande échelle la section des etapes du Progrès, on adjoindra un jardin adapté à divers besoins scientifiques; la bibliothèque, salle de lecture et de travail, salle de projections, amphithéâtre seront conçus en rapport avec l'importance de l'établissement; dans chaque section une large place sera réservée aux expositions temporaires (expositions d'échanges avec l'étranger expositions des Facultés de province, expositions des toutes dernières découvertes, de leurs résultats et de leurs applications possibles dans les diverses disciplines). Le plan d'ensemble sera assez souple pour permettre l'adjonction dans l'avenir de sections que l'état actuel de la science ne permet pas de prévoir avec précision: selon l'heureuse expression de Jean Perrin, on réservera «de la place pour les dieux inconnus».

De caractère profondément humain et universel, ouvert à tous, ouvert au monde, ce temple grandiose de la science qu'est le Palais de la Découverte, remplit sa mission qui est de répandre le goût de la culture scientifique, d'éveiller, de rendre possibles, d'encourager des vocations désintéressées de chercheurs, de prouver au monde qu'au siècle des pires aberrations destructrices et de régressions honteuses, il est encore des raisons d'espérer, de croire en l'Homme et en ses destinées.

Le directeur: A. Leveille

Schweizer Ärzte als Forscher, Entdecker und Erfinder

Die engen Verflechtungen der Schweiz mit drei wichtigen Kulturgebieten Europas und ihre Lage im Zentrum dieses Kontinents haben seit alters den Austausch geistiger Werte auf ihrem Boden gefördert. Schon die Gründung ihrer ältesten Hochschule, der Universität Basel, kam nicht zuletzt unter diesem Gesichtspunkt zustande. Von diesem aufnehmenden und ausstrahlenden geistigen Leben gibt auch die von der Universitätsbibliothek in Basel veranstaltete Ausstellung «Schweizer Ärzte als Forscher, Entdecker und Erfinder» eindrückliche Beweise. Aber die dort ausgestellten Bücher und handschriftlichen Dokumente zeigen, daß viele wissenschaftliche Leistungen in diesem Lande auch für das Ausland wegweisend wurden. Eine erstaunlich hohe Zahl von Ärzten, wenn man die Kleinheit des Landes bedenkt, hat an ihnen Anteil. Für das Gebiet der Medizin genüge es, Namen wie Albrecht v. Haller, Rudolf Albert Koelliker, Wilhelm His, Theodor Kocher (Nobelpreisträger 1909), Hermann Sahli, Eugen Bleuler, Alexandre Yersin und Jules Gonin zu nennen. Aber die Ausstellung weist nachdrücklich auch auf die großen nichtmedizinischen Leistungen der sechzig vertretenen Schweizer Ärzte hin. An bedeutenden Botanikern begegnet man z. B. einem Conrad Gessner, dem «deutschen Plinius», dem universal veranlagten J. J. Scheuchzer, dem glänzenden Pflanzen- und Insektenaquarellisten C. T. Zollikofer, dem internationalen Ruf besitzenden Orchideenforscher O. Naegeli. Nicht weniger dicht ist die Reihe der Zoologen. In ihr findet man unter anderen wieder Conrad Gessner, den Ichthyologen L.-J.-R. Agassiz, den Molluskenforscher Hermann Fol und A.-H. Forel, den Erschließer der Ameisenwelt. Aber auch Geographen, Geologen, Mineralogen usw. sind in überraschend großer Zahl in der Ausstellung vertreten, die übrigens auch noch in anderen Schweizer Städten gezeigt werden wird.

Die Anregung zu dieser Schau ging von Dr. med. K. Reucker aus, dem Redaktor der medizingeschichtlich orientierten und den Ärzten vieler Länder bekannten Ciba Zeitschrift. Die Ciba Aktiengesellschaft, Basel, hat das Unternehmen in jeder Hinsicht unterstützt, so auch durch die Herausgabe eines Führers, dessen Text von unserem Mitarbeiter Dr. Heinrich Buess stammt und der Biographien, bibliographische Angaben und Porträte der sechzig Schweizer Ärzte enthält.

SECALE-ALKALOIDE SANDOZ

Die Chemiker und Pharmakologen der Sandoz AG. sind an der Aufklärung der Mutterkorn-Chemie und -Pharmakologie führend beteiligt.

1918 *Ergotamin*
Ergotaminin

1935 *Ergobasin* (Ergonovin, Ergometrin)
Erste genaue Bestimmung der Bruttoformel

1936 *Erste Partialsynthese* (Ergobasin) eines Mutterkornalkaloids

1937 *Partialsynthese von Homologen* des Ergobasins (*Methylergobasin* usw.)

1937 *Ergocristin*
Ergocristinin

1940 *Dihydroergotamin*, partielle Hydrierung der Alkaloide der Ergotamingruppe

1942 *Aufklärung des Ergotoxins* als Alkaloidgemisch von Ergocristin, Ergokryptin und Ergocornin

1942 *Ergokryptin*
Ergokryptinin

1942 *Ergocornin*
Ergocorninin

SANDOZ

Neuerscheinung

ANALYTISCHE GEOMETRIE DER EBENE UND DES RAUMES

VON

DR. RUDOLF FUETER

o. Professor der Mathematik an der Universität Zürich

Dieses Buch bringt eine elementare Einführung in die analytische Geometrie der Ebene und des Raumes. Es will diejenigen grundlegenden Kenntnisse dieser mathematischen Disziplin vermitteln, deren alle Studierenden der Mathematik und der Naturwissenschaften zum Verständnis der weiteren mathematischen und physikalischen Vorlesungen unbedingt bedürfen. Das Buch kann sowohl zur Ergänzung während oder nach dem Hören der betreffenden Vorlesung, als auch zum Selbststudium benützt werden.

Methodisch ist es zunächst durch die sofortige und dauernde Benutzung des Vektorbegriffes ausgezeichnet, die auch zur Entwicklung der Grundoperationen der Vektoranalysis Anlaß gibt. Außerdem werden Ebene und Raum nicht neben-, sondern miteinander behandelt, indem zuerst die Gebilde erster Ordnung für Ebene und Raum, und erst nachher diejenigen zweiter Ordnung besprochen werden. Die Theorie der erstern stützt sich wesentlich auf die *Hessesche Normalform* der Geraden bzw. Ebene, die in schönster Weise gestattet, alle wesentlichen Gesichtspunkte zu entwickeln und als Anwendung die Lösung der wichtigsten Probleme zu bringen. Außer den gewöhnlichen Koordinaten werden auch die homogenen und die Dreieckkoordinaten besprochen. Bei den Gebilden zweiter Ordnung in der Ebene wird das Hauptgewicht auf den Beweis des grundlegenden Satzes, daß jede Gleichung zweiten Grades zwischen zwei Variablen stets einen Kegelschnitt oder dessen Ausartung darstellt, gelegt. Die uneigentlichen Elemente der projektiven Geometrie werden nicht eingeführt; dagegen wird auf dieselben bei verschiedenen Sätzen hingewiesen. Bei den Flächen zweiter Ordnung werden die einzelnen Flächentypen mit elementaren Mitteln beschrieben und charakterisiert. Auch werden ihre reellen Geradensysteme, soweit sie existieren, aufgesucht. Dagegen wird der Hauptsatz, daß jede quadratische Gleichung zwischen drei Variablen eine der genannten Flächen oder deren Ausartungen darstellt, nicht mehr bewiesen.

Der Verfasser läßt überall das Wesentliche in den Überlegungen hervortreten und gibt Ausblicke auf die Weiterentwicklung des Gedankengutes, das die analytische Geometrie vermittelt. 106 Figuren veranschaulichen die Ausführungen, und ein Verzeichnis der Sätze sowie ein Sach- und Namenverzeichnis erleichtern die Benutzung des Buches.

1. Kapitel: Punkt und Gerade in der Ebene
2. Kapitel: Punkt, Ebene und Gerade im Raume
3. Kapitel: Kurven zweiten Grades in der Ebene
4. Kapitel: Die Raumflächen zweiten Grades

180 Seiten Text mit 106 Figuren

Preis in Ganzleinen Fr. 22.50 . Preis broschiert Fr. 18.50

Durch jede Buchhandlung zu beziehen

VERLAG BIRKHÄUSER BASEL

402